

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Exploitation des Mines

Présenté par

Djediane rabah

Ziar abdelmadjid

Thème

***Dimensionnement et calcul des équipements à ciel ouvert
(L'unité de Si-Mustapha Wilaya de Boumerdes).***

Soutenu le 26 /06/2018 devant le jury composé de:

Président	Mr	Boukarm R	MAA	U.A.M.Bejaia
Promoteur	Mr	Ait Habib Z	MAA	U.A.M.Bejaia
Examineur	Mr	Saadoun A	MAA	U.A.M.Bejaia

Promotion: 2017-2018

Remerciement

À l'issu de cette étude, Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé tout au long de notre travail.

Notre reconnaissance va plus particulièrement à :

*Notre promoteur Monsieur **AIT HABIB** pour avoir accepté de nous encadrer, Nous lui exprimons par la présente toute notre gratitude pour la confiance qu'il nous a prodigué, pour ses encouragements continus, pour le suivi de près de notre travail et pour ses qualités humaines.*

*Notre respect au président du jury **Mr Boukarm** et le membre du jury **Mr Saadoun** qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail.*

L'ensemble des enseignants qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude.

R.Djediane&M.Ziar



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parant, qui n'ont pas cessé de m'encourage et de prier pour moi

A mes très chers frères : Yacine, Rachid

A mes très chères sœurs

A tous mes chers amis

A mon binôme Djediane Rabah et sa famille.

On remercie également notre promoteur Mr. Ait Habib

A tous les étudiants du département Mine et Géologie de la promo 2018.

Madjid

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parant, qui n'ont pas cessé de m'encourage et de prier pour moi

A mes très chers frères : Hichem, Seddik

A mes très chères sœurs

A tous mes chers amis surtout abdou, Amine, Seghir, Rassim, Bouali et Faycel

A mon binôme Ziar Abdelmadjid et sa famille.

On remercie également notre promoteur Mr. Ait Habib

A tous les étudiants du département Mine et Géologie de la promo 2018.

Rabah

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Réserves géologiques exploitables du gisement de Granodiorites.....	9
Tableau I.2 : Les résultats des essais physico-mécaniques.....	15
Tableau I.3 : Les résultats d'analyses minéralogiques	15
Tableau I.4 : Les résultats d'analyse chimique.....	16

Chapitre II

Tableau II.1 : Caractéristiques des explosifs fabriqué en Algérie par l'ONEX.....	30
--	----

Chapitre III

Tableau III.1 : Les principaux paramètres techniques	33
Tableau III.2 : Les principaux paramètres techniques d'ATLAS COPCO D50.....	37
Tableau III.3 : Les essais de foration.	38
Tableau III.4 : Fiche technique de la chargeuse KOMATSU WA600-3.....	42
Tableau III.5 : Fiche technique de la chargeuse L 350 F Volvo	43
Tableau III.6 : Les essais de chargement	44
Tableau III.7 : Fiche technique de TEREX TR60.....	47
Tableau III.8 : Les essais de transport.....	49

Listes des Figures

Chapitre I

Figure I. 1: Localisation des neuf carrières des granulats de l'ENG réparties sur le national.....	3
Figure I. 2 : Situation géographique de la région d'étude.....	4
Figure I.3 : Le réseau hydrographique de la région de Si-Mustapha et ses environs	7
Figure I.4 : les diaclases et la faille (Photo a la carrière de Si-Mustapha 2018).....	12

Chapitre II

Figure II.1: Méthode d'exploitation par fosses emboîtées.....	19
Figure II.2: Méthode d'exploitation par tranchées successives	20
Figure II.3: Méthode d'exploitation à flanc de couteau (Photo a Si-Mustapha 2018).....	21
Figure II.4: Eléments géométriques et technologique d'un gradin.....	23
Figure II.5: Représente angle de talus du gradin	24
Figure II.6: Schéma de la plate-forme de travail (abattage à explosif).....	25
Figure II.7: Propagation de l'onde de choc issue d'une détonation.....	30

Chapitre III

Figure III.1 : Chariot de foration (Photo a la carrière de Si-Mustapha 2018).....	37
Figure III.2 : Chargeuse KOMATSU WA600-3 (Photo a Si-Mustapha 2018).....	42
Figure III.3 : Chargeuse L 350 F Volvo (Photo a Si-Mustapha 2018).....	43
Figure III.4: Dumper TEREX TR60 (Photo a Si-Mustapha 2018)	49

Références bibliographiques

- [1] : ENG ; Entreprise National des Granulats, documents internes.
- [2] : BEY.A. ; « Rapport géologique du gisement de Si Mustapha ». Bureau d'étude géologique et minière, 2015.
- [3] : BRACHEM.I.M, DJERIOU.W. ; « l'amélioration de la qualité des granulats sur la base d'étude des fractures du gisement de Si-Mustapha». Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie minier de l'école nationale polytechnique.2015
- [4] : HANTZ. D. ; «cours de description structurale des massifs rocheux», Ecole polytechnique de l'université de Grenoble.
- [5] : ABBNAS D, LADJEL.H. ; « ouverture de la carrière de calcaire de khoudiet El Khecheba- El Hachimia ». Mémoire de fin d'étude, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.2015.
- [6] :Cécile COLOMBEZ.ANALYSE ET OPTIMISATION DES PRATIQUES D'ABATTAGE A L'EXPLOSIF DANS UNE CARRIERE DE GRANULATS.juillet 2007
- [7] : KAMULETE MUDIANGA N , COURS D'EXPLOITATION DES MINES À CIEL OUVERT.
- [08] : AMARI. G. ; « Projet d'ouverture et d'exploitation du gisement de Kraoula Sidi Ali Benyoub (Sidi Bel Abbès) », mémoire fin d'étude,, Ecole Nationale Polytechnique,2010.
- [09] : KOVALENKO. K, AMBARTSOUMAIN. K, LAHMER. N M, « Exploitation des carrières», Edition Office des Publications Universitaires, 1986.
- [10] : ROGER. D.« livre explosif et techniques de minage».
- [11]: BLANCHIER. A, THIARD. R, WEBER. P.;« Théorie du travail à l'explosif, Mines et carrière »
- [12] : MENACER. K. ; « Influence des discontinuités et de l'emplacement du détonateur sur les résultats de l'abattage des calcaires sur modèle réduit (cas de Chouf-Amar M'SILA) », mémoire de magister, Université Badji Mokhtar Annaba 2011.
- [13]: CHIBKA. N.; « Exploitation des gisements métallifères», Edition office des publications universitaires, 1980.
-

Références bibliographiques

[14] : NEGGAZI. A. ; « projet d'exploitation de la colline Est de dolomie calcaire à El Maleh Ain Timouchent », thèse de doctorat, école national supérieur polytechnique d'Alger 2009.

[15]: Rdk1: <http://www.eng.dz/a-propos>.

[16]: SERRADJ.T. (CETIM). ; « Chargement et transport dans les carrières, choix des matériel ».

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations	i
Liste des Figures.....	ii
Listes de Tableaux.....	iii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation et géologie du gisement.....	2
Introduction	2
I.1 Historique	2
I.2 Situation géographique et topographie du gisement	3
I.3 Cadre géologique	4
I.3.1 Géologie régionale	4
I.3.2 Géologie local	5
I.3.3 Tectonique.....	6
I.3.4 Pétrographie	6
I.4 Caractéristique hydro-climatique	6
I.4.1 Caractéristique Climatique.....	6
I.4.2 Caractéristique Hydrographique	6
I.4.3 Caractéristique Hydrogéologique	7
I.5 Réserves géologiques	8
I.5.1 Catégories des réserves	8
I.5.2 Estimation des réserves.....	9
I.6 Structure des massifs rocheux	10
I.6.1 Matrice rocheuse	10
I.6.2 Discontinuité du massif.....	10
I.6.2.1 Les type des discontinuités	11
I.6.3 Les analyses de la roche Granodiorite	12
I.6.3.1 propriétés physique	12
I.6.3.2 Propriété mécanique.....	13
I.6.3.3 Analyse minéralogique	15
I.6.3.4 Analyse chimique.....	15
Conclusion	16
Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation de gisement de Djebel Boukhanfer	17

Sommaire

Introduction	17
II.1 Choix de la méthode d'exploitation à ciel ouvert	17
II.2 Méthodes d'exploitation à ciel ouvert	17
II.2.1 Méthode d'exploitation par fosse	18
II.2.2 Méthodes d'exploitation par découverte.....	19
II.2.3 Méthode d'exploitation à flanc de couteau	20
II.3. Principaux indices d'une méthode d'exploitation	21
II.4. Méthode d'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer	22
II.5 Principaux éléments du système d'exploitation	12
II.5.1 Gradin	22
II.5.1.1 La hauteur du gradin.....	23
II.5.1.2. Angle de talus du gradin.....	24
II.5.2. Plate-forme de travail	24
II.5.3 Longueur du bloc.....	28
II.6 Technologie d'exploitation du gisement	28
II.6.1. Abattage des roches	28
II.6.1.1. Abattage à l'explosif	29
II.6.2 Chargement.....	31
II.6.3 Déplacement et transport des roches	31
II.6.4 Formation des terrils	32
Conclusion	32
Chapitre III : Travaux d'exploitation et dimensionnement du matériel	33
Introduction	33
III.1 Données par l'Entreprise ENG	33
III.2 Conditions technico-minières de la carrière	34
III.2.1 Régime de fonctionnement.....	34
III.2.2 Capacité de production souhaitée de la carrière.....	34
III.3 Dimensionnement et calcul du matériel	36
III.3.1. Travaux de forage	36
III.3.1.1 Rendement du chariot de foration	38
III.3.1.2 Nombre du chariot de foration	39
III.3.2 Travaux de chargement	40
III.3.2.1 Choix des machines de chargement	40

Sommaire

III.3.2.2 Les avantages et les inconvénients de la chargeuse	41
III.3.2.3 Le rendement de la chargeuse	44
III.3.2.4 Nombre de la chargeuse	46
III.3.3 Travaux de transport.....	46
III.3.3.1 Le choix des moyens de transport	46
III.3.3.2 Les avantages et les inconvénients du camion.....	47
III.3.3.3 Rendement des camions	48
III.3.3.4 Nombre des camions	50
Conclusion	51
Conclusion générale	53

Introduction générale

Introduction générale

Les granulats étant des produits d'assez faible valeur unitaire, leur exploitation est généralement menée à ciel ouvert et leur transport n'est envisageable que sur des distances limitées (au-delà de 50 km, le coût du transport dépasse souvent le coût de production), ce qui signifie que les centres de production restent très répartis sur le territoire et de dimension limitée.

L'unité de Si-Mustapha est l'une des plus grandes unités de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG), sa production en matériaux de construction (granulats) s'élève à plus de 1,46 million de tonnes par an.

L'objectif de ce travail est de faire un 'exploitation de la capacité totale de production de station en modifiant sur les opérations de forages, chargements et transports.

Pour présenter notre projet, trois chapitres vont être traité :

- Le premier chapitre, est consacré à la présentation de l'unité de Si-Mustapha, sa situation géographique, ainsi que le cadre géologique de la zone d'étude et les caractéristiques du massif rocheux.
- Le deuxième chapitre on a essayé de donner une généralité sur les méthodes d'exploitations, ainsi que la Méthode d'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer et la Technologie d'exploitation du gisement;
- Ensuite on entame notre partie pratique avec le troisième chapitre, qui est une présentation puis une amélioration des conditions technico-minières de la carrière, et son régime de travail, et on termine notre travail par une optimisation sur le dimensionnement du matériel.

Et finalement, une conclusion générale qui présente les résultats de notre travail.

*Chapitre I : Présentation et géologie du
gisement*

Introduction

Le but de ce chapitre est de donner un aperçu géologique sur le gisement de granodiorite de Djebel Boukhanfer situé à Si-Mustapha, wilaya de Boumerdes, et cela par la localisation du site, la description du contexte géologique régionale et celle du gisement, et par l'estimation des réserves géologique de ce dernier.

I.1 Historique

L'Entreprise Nationale des Granulats "ENG" issue de la restructuration de la SNMC (Société Nationale des Matériaux de Construction) a été créée par décret N° 86.270 du 04 novembre 1986, avec effet à partir du 1er Janvier 1987. L'Entreprise Nationale des Granulats est passée à l'autonomie et est devenue une société par actions (SPA) [15].

Elle est dotée d'un capital social de trois milliards de dinars, et fait partie du groupe industriel Manadjam El Djazair «MANAL».

L'ENG a pour missions la gestion des activités de production, de commercialisation et de développement des granulats, ainsi que du carbonate de calcium.

Son patrimoine est constitué de :

- Neuf (9) carrières des granulats réparties sur le territoire national :
 - A. Unités Est :
 - EL KHROUB (W. CONSTANTINE)
 - BEN AZZOUZ (W. SKIKDA)
 - AIN TOUTA (W. BATNA)
 - ELMA LABIOD (W. TEBESSA)
 - B. Unités Centre :
 - SI MUSTAPHA (W. BOUMERDES)
 - EL HACHIMIA (W. BOUIRA)
 - C. Unités Ouest :
 - SIDI ALI BEYOUB (W. SIDI BEL ABBES)
 - SIDI ABDELLI (W. TLEMCEN)
 - CHABAT EL HAM (W. AIN TEMOUCHENT)
- Une usine de carbonate de calcium à El-khroub (wilaya de Constantine) ;
- Un laboratoire central pour le contrôle de la qualité des produits de l'entreprise (wilaya de Constantine) [1].

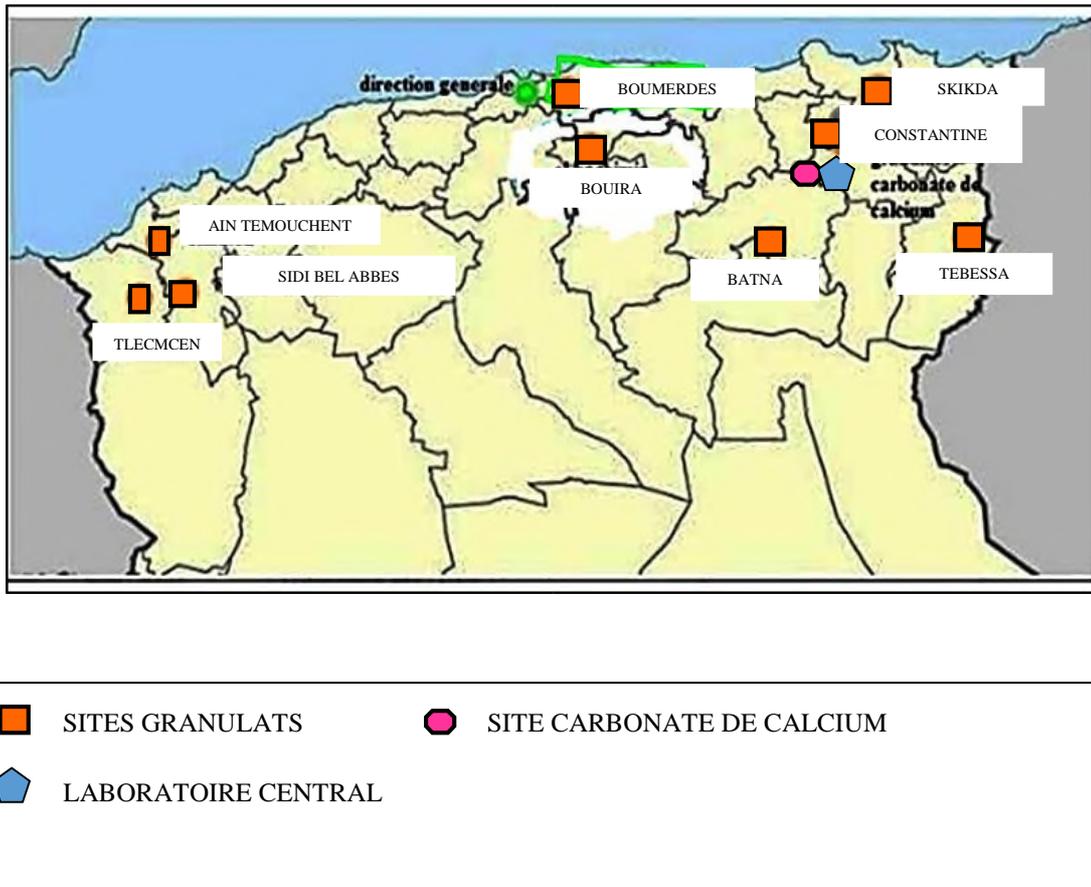


Figure I. 1: Localisation des neuf carrières des granulats de l'ENG réparties sur le territoire national [1].

I.2 Situation géographique et topographie du gisement

La zone d'étude relevée de la Wilaya de Boumerdès qui se situe dans la partie centrale de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la wilaya de Tizi-Ouzou, au Sud par celle de Bouira et Blida et à l'Ouest par celle d'Alger.

La carrière de Djebel Boukhanfer se trouve à environ 3 Km au Nord-Est de la commune de Thénia et à 5 km au Nord-Ouest de Si Mustapha.

De point de vue administratif le gisement est rattaché à la wilaya de Boumerdes, daïra d'isser commune de Si Mustapha [2].

La carrière de Djebel Boukhanfer est illustrée dans la figure suivante :

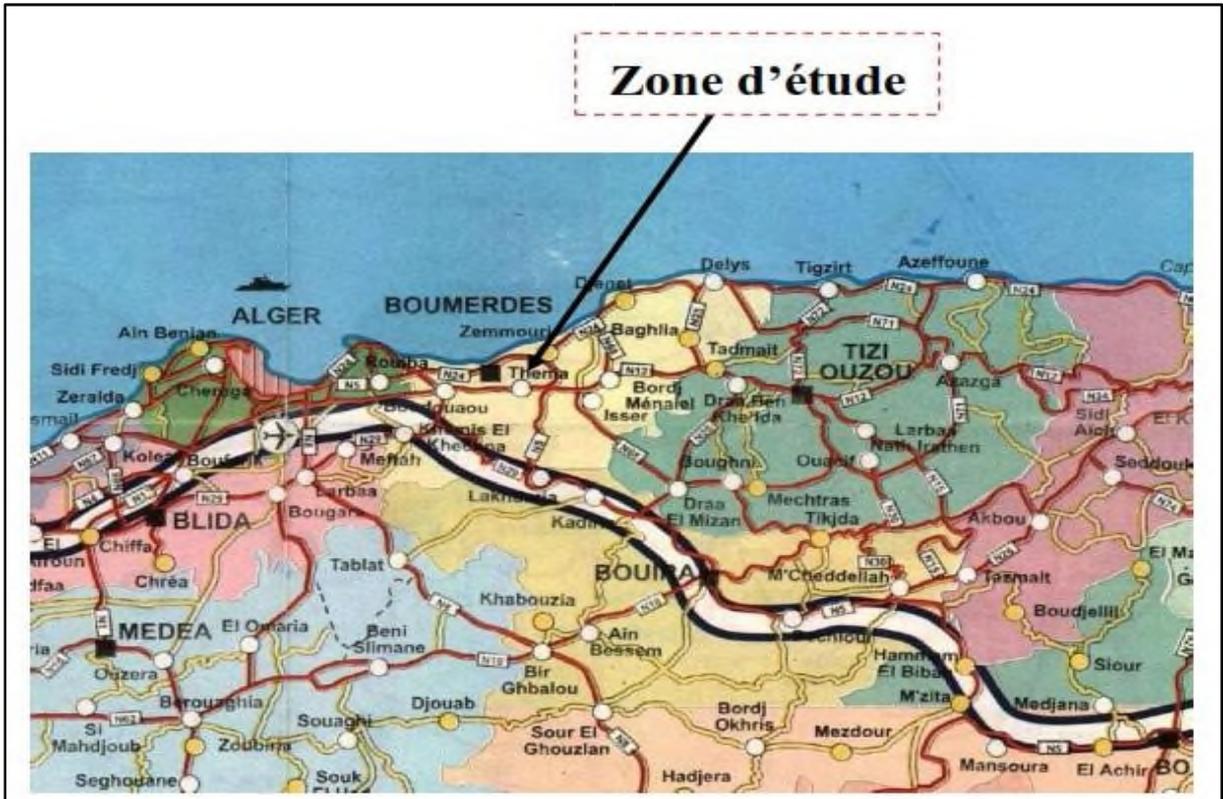


Figure I. 2: Situation géographique de la région d'étude [1].

Le gisement de granodiorites est situé dans la partie centrale du massif Ouled Ben Mellah. Il représente une élévation ovale qui domine avec 440m de la côte absolue le paysage environnant, en s'étendant dans la direction Nord-Ouest.

Les versants Sud-Ouest et Nord-Est ont des pentes abruptes couvertes de broussailles et d'arbres isolés.

Le versant Sud descend en pente douce jusqu'à la vallée d'Oued Isser. Sa superficie est occupée par des plantations fruitières des oliviers, des potagers et des pâturages. Vers le Nord-Ouest il est uni par un petit col à une autre élévation culminant à 426 m (Oulad Boukoufer) où se trouve notre gisement à étudier.

I.3 Cadre géologique

I.3.1 Géologie régionale

La région de Si-Mustapha est constituée de formation de Précambrien, de Néogène, et de Quaternaire et des roches effusives et intrusives [3].

- Le Précambrien est formé par une série de schistes et de phyllades cristallins affleurant sur les talus et dans le Nord de la Crête de ‘‘Bou Arous’’ et renfermant des lentilles et des lits de calcaire marmorisés ;
- Le Néogène est représenté par des dépôts Miocène et Pliocène :
 - Les dépôts Miocène est comprennent des termes burdigaliens et helvétiques. Le burdigalien se développe dans la partie Sud-Ouest de la région ou il représenté par des conglomérats rouges à blanc, des marnes bigarrées et des grés calcaires jaunâtres ;
Les formations hélvétiques bordent, en bande étroite (jusqu’à 2.5 km), au Sud au Nord et à l’Est les affleurements précambriens. Elles sont représentées par une série volcano-sédimentaire comprenant des conglomérats, des laves acides et des tufs ;
 - Les dépôts Pliocènes dorment, par excellence, des zones de relief qui sont représentées par des marnes argileuses, des marnes calcaires avec rares passées de calcaires d’épaisseur décimétrique (Plésoncien) et des marnes gréseuses intercalées de grés calcaires (Astien).
- Le Quaternaire : est constitué de galets villafranchiens pluridimensionnels friables brun-rouge. Les galets sont représentés par les débris schisteux et phyllies degrés et de quartz immergés dans du sable argileux à grains non calibrés.

Les accidents tectoniques sont orientés essentiellement Nord-Ouest et sensiblement Est-Ouest : certaines failles prennent des directions Nord-Est et approximativement Nord Sud. La fissuration a par ailleurs gagné l’ensemble du massif de granodiorite par endroit, elle forme un système de fissure faiblement prononcé, distantes de 10-80 cm, qui s’entendent d’agrégats de granodiorites meubles et altérées ne dépasse pas 5-10 % du volume de ces zones.

I.3.2 Géologie local

Le gisement de Si-Mustapha fait partie du massif de granodiorite. Il est constitué essentiellement de granodiorites à grains fins et moyens de couleur gris et gris foncé à teinte verdâtre souvent porphyroïdes et de diorites quartziques grises ou gris foncé teintées de vert, à texture massive. La teinte verdâtre est due à la présence dans les roches de minéraux foncés de hornblende, de chlorite de biotite et plus rarement de pyroxène [3].

I.3.3 Tectonique

La région du gisement est caractérisée par un contexte tectonique complexe, du Sud et au Nord, le massif de granodiorite se trouve en contact tectonique avec les roches encaissantes. La zone étudiée est masquée par la prédominance des accidents tectonique Est Ouest, qui dans la partie Nord de l'aire explorée, sont parallèles et distants de 100 à 125 m.

La fissuration a gagnée l'ensemble du massif de granodiorites, cette dernière qui semble être originelle, est accentuée par une autre fissuration secondaire chaotique [3].

I.3.4 Pétrographie

D'après l'étude pétrographique, les granodiorites et les diorites quartziques ont une structure hypoïde-morpho-grenue ou souvent, porphyroïde et sont essentiellement constituées de feldspaths (52% à 69%), de plagioclase, en général zoné et maclé (du type d'andésite – oligoclase), d'orthoclase alcaline plus rare de grains irréguliers de quartz (10% à 17%), de biotite (0% à 10%) de chlorite (5% à 10%) d'amphibole – hornblende (0 à 5%).

Les minéraux métalliques (magnétite et pyrite) et accessoires (apatite, zircon, tourmaline) sont présents en proportion d'environ 1% de la masse générale de la roche [3].

I.4 Caractéristique hydro-climatique

I.4.1 Caractéristique Climatique

La zone d'étude est caractérisée par un hiver très froid, avec des précipitations irrégulières et par un été chaud [2], en effet :

- Les températures maximales marquant la région varient de 25° à 40°C enregistrées en mois de juin à septembre. Par contre les plus basses marquant les mois de Décembre à Février sont de l'ordre de 2° à 8° ;
- Les précipitations annuelles de la région varient de 600 à 900mm.

I.4.2 Caractéristique Hydrographique

La haute perméabilité des granodiorites fissurées favorise l'infiltration des eaux de pluie. La topographie fortement disséquée de la région du gisement facilite l'émergence

des eaux souterraines dont la quantité est en fonction des précipitations annuelles qui peuvent atteindre parfois 800 mm [2].

Les sources ont un débit de 1 à 2 l/s servent à alimenter en eau la ville de THENIA à l'exception d'une petite source (0.02 l/s) jaillissant dans la partie Nord-Est du site, de l'unité de concassage, qui semble liée aux accidents tectonique d'extension N-W.

Aucune résurgence d'eaux souterraines ne se manifeste dans le périmètre du gisement.

I.4.3 Caractéristique Hydrogéologique

Le secteur d'étude est inclus dans la plaine de Mitidja, la région est sillonnée par un réseau d'Oueds bien développés, dont l'Oued Boudouaou et l'Oued Isser sur lesquels deux barrages sont réalisés pour alimenter en eau potable et industrielle les agglomérations d'Alger et de Boumerdes. Avec ses nombreux affluents passant respectivement à 4 Km à l'Ouest du gisement. Leur débitent général faible est tributaire des fluctuations pluviométriques [2].

Le réseau hydrogéologique de la région de Si-Mustapha et ses environs est représenté dans la figure ci-dessous :

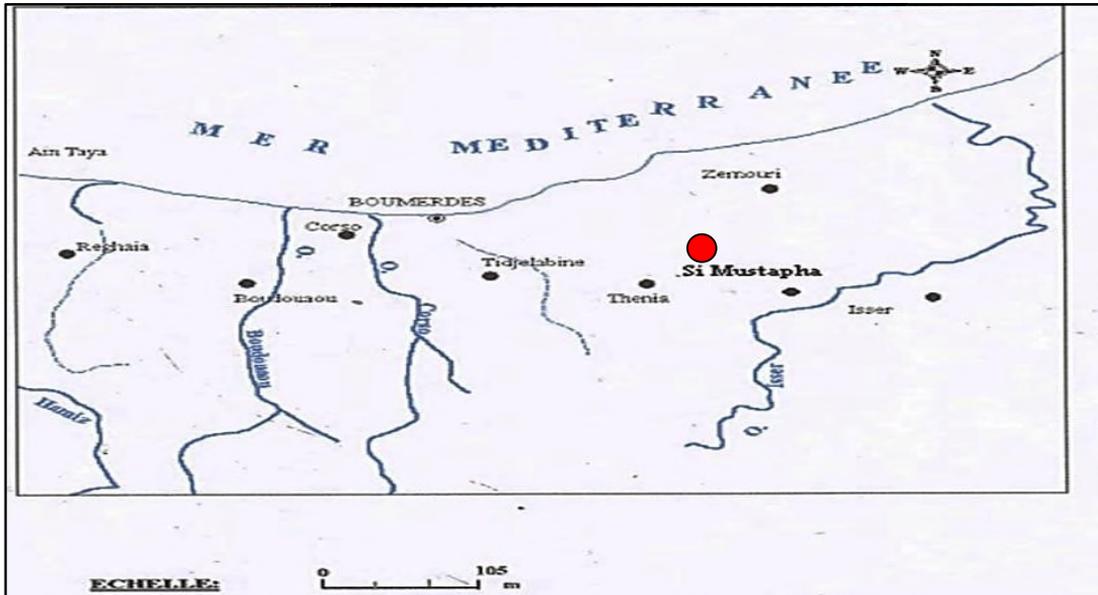


Figure I.3 : Le réseau hydrogéologique de la région de Si-Mustapha et ses environs [2].

I.5 Réserves géologiques

I.5.1 Catégories des réserves

Les réserves géologiques sont divisées en trois catégories : A, B et C, suivant l'étude du gisement, qui est caractérisé par la quantité et le caractère des coupes du gisement avec les ouvrages miniers.

- Catégorie A (réserves certaines) :

Elles sont utilisées pour les gisements les mieux étudiés et prospectés avec détail et étudiés à l'aide des galeries minières, toutes les données de la qualité et la quantité des minerais est déterminée rigoureusement avec une précision acceptable.

- Catégorie B (réserves probables) :

Utilisées pour les gisements qui sont moins bien étudiés que ceux de la première.

La catégorie B permettant d'élucider les caractéristiques générales des gisements et de la qualité à l'exception de détails concernant leur répartition à l'intérieur du gisement.

- Catégorie C (réserves possibles) :

Ces réserves seront mise en évidence dans les premières phases de prospection, dans cette catégorie font partie :

- Catégorie C₁ : réserves étudiés avec des mailles larges, et les réserves sont déterminées sur la base de donnée de quelques puits de prospection isolés, quand à la technologie du traitement elle est étudiée seulement au laboratoire.
- Catégorie C₂ : concerne les réserves appréciées seulement par les données géologiques, et vérifiés par un échantillonnage de la matière première minérale.

On peut retrouver cette catégorie dans les parties moyennes (près de la limite) de la partie du gisement contenant des réserves de catégorie A, B, C₁.

D'après les données géophysiques et l'échantillonnage approximatif on distingue que le gisement de Si-Mustapha est classé dans la catégorie C₁.

I.5.2 Estimation des réserves

Dans notre gisement de granodiorite de Djebel Boukhanfer on s'est intéresser à estimer les réserves géologiques par la méthode des sections, les formules utilisées pour l'estimation sont les suivant :

Si $(S1-S2) < 0.4 \times S1$: dans ce cas ; $Q = \frac{S1+S2}{2} \times L \times \rho$

Si $(S1-S2) > 0.4 \times S1$: dans ce cas ; $Q = \frac{S1+S2+\sqrt{S1 \times S2}}{3} \times L \times \rho$

Avec :

Q: la quantité de matériau en Tonnes ;

S1: la surface du niveau 1 en (m²) ;

S2: la surface du niveau 2 en (m²) ;

L : l'intervalle entre les deux niveaux en (m) ;

ρ : la masse volumique de la roche en (t/m³).

Tableau I.1 : Réserves géologiques totale du gisement de Granodiorites.

N° du bloc de calcul et coupes		Surface des sections M ²	Distance entre profil M	Volume du bloc M ³	Masse volumique (T/M ³)	Quantité des réserves (T)
1	(A-A') (B-B')	S ₁ =30316.511 S ₂ =21012.27	200	5132878.1	2.4	12318907.44
2	(B-B') (C-C')	S ₁ =21012.27 S ₂ =59725.91	200	7744255.5867	2.4	18586213.408
3	(C-C') (D-D')	S ₁ =59725.91 S ₂ =104266.80	200	12596546.308	2.4	30231711.139
4	(D-D') (E-E')	S ₁ =104266.80 S ₂ =90311.42	200	19457822	2.4	46698772.8
5	(E-E') (F-F')	S ₁ =90311.42 S ₂ =97983.98	100	9414770	2.4	22595448
Total				54346271.995	2.4	130431052.79

Note : les surfaces des sections qui sont dans le tableau précédent sont données par l'E.N.G.

D'après notre calculs nous trouvons que le volume du bloc estimé atteint 54 346 271,995 m³ et la quantité des réserves approximativement 130 431 052,79t.

I.6 Structure des massifs rocheux

Le massif rocheux c'est un assemblage de blocks ou de feuilletts, séparés plus ou moins complètement par des joint. Formés d'une juxtaposition de matériaux hétérogènes. Les massifs rocheux sont des structures très complexes. Ils sont assimilés à un assemblage de blocs appels matrice rocheuse lesquels sont délimités par des discontinuités constituées de fissure, de fracture ou de failles ou encore de limites stratigraphique [6].

L'étude d'un massif rocheux fracturé nécessite donc une caractérisation de la matrice rocheuse, ainsi que celle des discontinuités.

I.6.1 Matrice rocheuse

La matrice rocheuse est définie comme étant un assemblage de minéraux qui ont acquis des liaisons plus ou moine fortes au coure de leur histoire géologique [6].

L'étude du massif rocheux comprend au moins les points suivants :

- Les caractéristiques géologiques globales de gisement. Il s'agit là de déterminer sur le terrain la complexité du massif dans son état naturel ;
- Les caractéristiques géo-structurales du massif c'est-à-dire sa fracturation naturelle Ces études sont d'abord des études de terrain puis des études statistiques ;
- Les caractéristiques géo-mécaniques de la matrice rocheuse c'est-à-dire sa résistance et sa dureté.

I.6.2 Discontinuité du massif

Les comportements mécaniques et hydrauliques des massifs rocheux sont fortement liés aux réseaux de fracturation qui les affectent. L'analyse géométrique et mécanique des différents réseaux de fractures est donc indispensable pour toute étude de stabilité ou d'écoulement dans un milieu fissuré [6].

La modélisation de la distribution spatiale et de l'emplacement des familles de fracture dans un massif rocheux fracturé est fondée principalement sur la connaissance des paramètres

géométriques des discontinuités. Chacun de ces derniers est associé à une variable aléatoire dont les lois de distribution sont déduites des données acquises sur le terrain.

L'étude des discontinuités dans un massif rocheux nécessite une analyse statistique, pour pouvoir différencier toutes les familles de discontinuités qui affectent le massif.

Chaque famille est alors analysée à part pour déterminer la distribution de ces différents paramètres géométriques.

En plus de l'analyse géométrique, une étude mécanique est entreprise afin de dégager la nature du comportement et les caractéristiques mécaniques des différentes discontinuités, ou familles de discontinuités du massif.

I.6.2.1 Les type des discontinuités

Tout massif rocheux, quelle que soit son histoire et sa localisation, possède des discontinuités. Celles-ci peuvent être prononcées, invisibles, cimentées ou bien ouvertes, mais elles existent. Elles possèdent en commun les caractéristiques suivantes : faible résistance au cisaillement, résistance à la traction négligeable et grande conductivité hydraulique, tout ceci en comparaison de la matrice rocheuse environnante[4].

En géologie on les regrouper par catégories [4] :

- Les diaclases ;
- Les failles ;
- Les joints sédimentaires ;
- La schistosité ;
- Les plis ;
- Foliation ;
- Fissure.

Dans notre gisement les types des discontinuités sont des diaclases qui ce sont des fractures de la roche, issues d'une rupture par compression, traction ou cisaillement liée aux mouvements tectoniques avec une existence des fissures et d'une grande faille qui travers le gisement longitudinalement, mais son aucune mouvement des coches, elle est dévié de 80° par rapport à l'horizontale, elle est représentée dans la figure au-dessous :

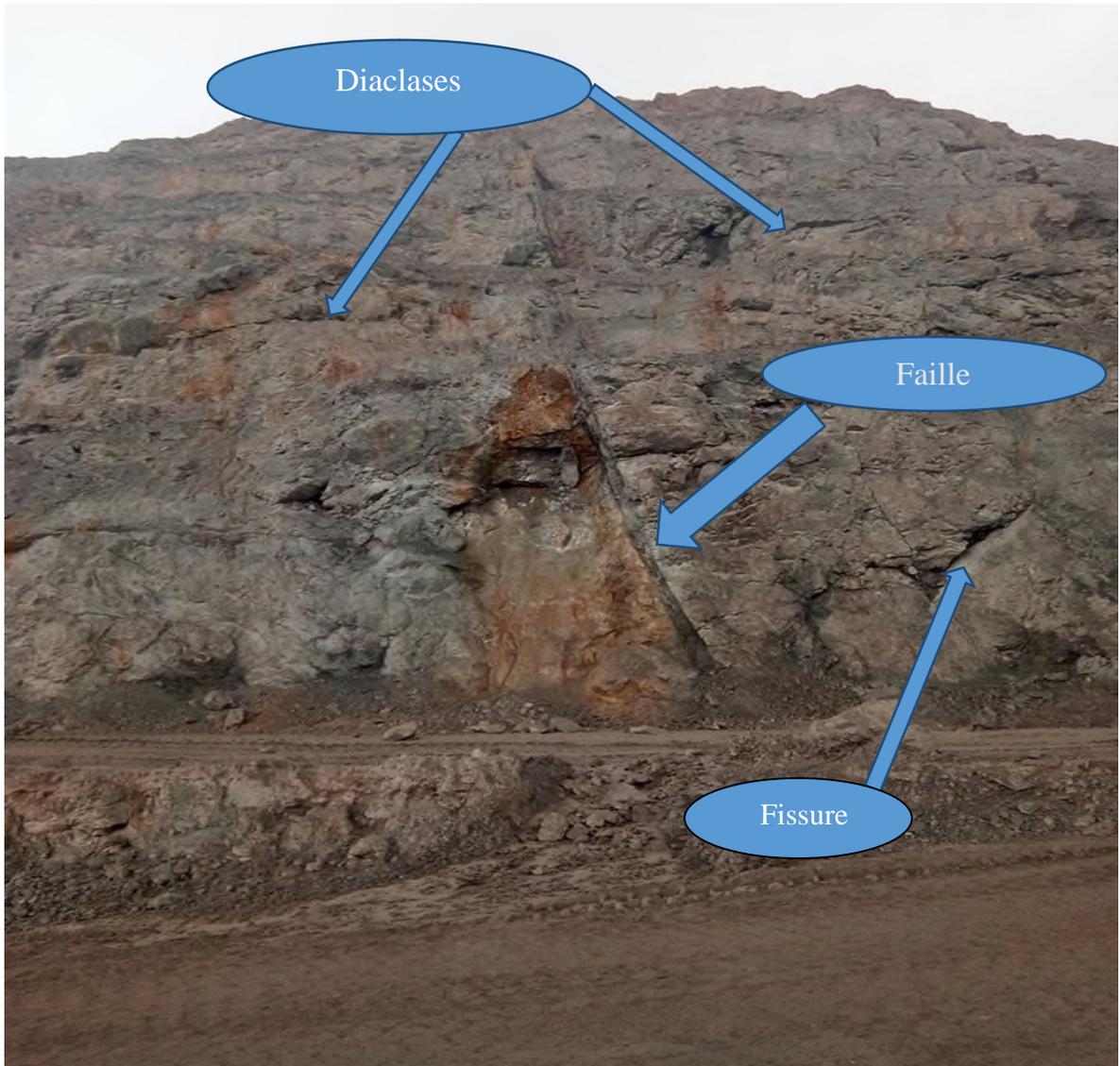


Figure I.4:les diaclases, fissure et la faille (Photo a la carrière de Si-Mustapha 2018).

I.6.3 Les analyses de la roche Granodiorite

Afin de connaître les caractéristiques des roches formants le gisement, des analyses physico-chimiques ont été faites au niveau de laboratoire de C.E.T.M à partir de prélèvement de deux échantillons.

I.6.3.1 propriétés physiques

Pour la détermination des propriétés physiques de deux échantillons sont soumis aux différents essais physiques suivants :

- **La masse volumique**

C'est la masse totale de la matière (grain + l'eau) contenue dans l'unité de volume.

Soit sa formule[5]:

$$\rho = \frac{M}{V} ; (t/m^3)$$

Avec :

ρ : Masse volumique (g/cm^3) ;

M : Masse totale de l'échantillon (g) ;

V : Volume totale de l'échantillon (cm^3) ;

La masse volumique du site de Si Mustapha est de l'ordre de $\rho = 2.4 (g/cm^3)$.

- **La masse imbibée**

C'est la masse volumique des solides imbibés d'eau d'un granulat.

D'après les essais on constate que la masse volumique imbibée moyenne est : 2.64 (t/m^3)[5].

- **La porosité**

C'est le rapport en % du volume occupé par le vide rapporté au volume total de l'échantillon [5].

$$P = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

Où :

V_v : volume des vides (cm^3)

V_t : volume total de l'échantillon (cm^3)

La porosité dans les roches sédimentaires varie de quelque pourcent (%) à plus de 40%, et dans les roches magmatiques, elle est plus faible, dans cette roche est égale 1.19%.

I.6.3.2 Propriété mécanique

- **Essais Los-Angeles**

Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets et aux frottements réciproques de la machine Los Angeles. Pour cela il évolue pendant l'essai. La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi six classes granulaires qui sont :

- 4/6,3 mm ;
- 6,3/10 mm ;
- 10/14 mm ;
- 10/25 mm ;
- 16/31,5 mm ;
- 25/50 mm.

Selon le type de granularité, la masse de la charge de boulets varie si m est la masse du matériau soumis à l'essai, M est la masse des éléments supérieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai qui est égouttée et séchée à l'étuve jusqu'à poids constant. On définit alors le coefficient Los Angeles LA qui est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant aux tamis de 1,6 et la masse initiale sèche [5].

On mesure le pourcentage des fines inférieures à 1.6 mm produites après un certain temps de broyage. Le coefficient Los-Angeles est donné par:

$$L_A = \frac{m}{M \times 100} ; (\%)$$

Où :

m : Masse des particules fines ($m \leq 1.7$ mm).

M : Masse de l'échantillon (prise d'essai).

• Essai de compression

L'essai mécanique le plus courant est l'essai de résistance en compression uni axiale (R_c). Celle-ci est mesurée sur éprouvette cylindrique, de diamètre [40 à 50] mm en général.

On fait croître l'effort axial fourni par la presse, avec une vitesse correspondant à environ 0.5 MPa/s, jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

Si F est l'effort maximal (N), π le nombre algébrique et R le rayon de l'éprouvette (mm) [2].

On a :

$$R_c = \frac{F}{\pi \times R^2} \text{ (Kgf/Cm}^2\text{)}$$

La résistance en compression simple est une propriété assez dispersée ;

On réalise en général cinq écrasement pour obtenir une valeur représentative.

Les résultats des essais sur trois échantillons établis par le laboratoire C.E.T.I.M a fourni une valeur minimale de 38 Mpa, et une valeur maximale 180 Mpa.

Les résultats de ces essais sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau I.2 : Les résultats des essais physico-mécaniques[2].

Paramètre	Masse volumique (t/m³)	Résistance à la compression (Kgf/Cm²)	Coefficient Los-Angeles (%)
MIN	2.38	38	20
MOY	2.40	109	23.5
MAX	2.42	180	27

I.6.3.3 Analyse minéralogique

La composition minéralogique estimative a été évaluée sur la base des résultats chimiques et elle est figurée sur le tableau suivant :

Tableau I.3 : Les résultats d'analyses minéralogiques[2].

Composition Minéralogique	
Minéral	Teneur (%)
Quartz	15
Feldspaths Potassique (Orthose)	20
Plagioclases (andésine)	40
Micas (Biotite)	9
Pyroxènes (augite)	8
Amphiboles (hornblende verte)	5
Minéraux accessoires Apatite, Zircon, Rutile, Tourmaline	1
Minéraux secondaire (calcite)	< 1

II.6.3.4 Analyse chimique

Dans le but de :

- Qualifier les éléments chimiques présents dans un échantillon. Après cette étape nous connaissons les éléments constituant l'échantillon ;
- Quantifier les éléments présents.

Tableau I.4 : Les résultats d'analyse chimique [2]:

Elément Chimique	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	So ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF
Teneur(%)	63.29	16.58	4.05	4.54	2.29	0.01	3.61	3.11	0.15	0.45	1.91

Le pourcentage de SiO₂ est le plus élevée par apport aux pourcentages des autres constituantset sa représente du minéral de quartz et un peu de calcite et de mica.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le gisement de granodiorite de Djebel Boukhanfer situé à Si-Mustapha de par sa localisation, sa topographie, et ses caractéristiques, l'étude géologique et topographique du gisement de Djebel Boukhanfer, nous a permis d'estimer les réserves du site qui sont de l'ordre de 130 millions de tonnes.

Les résultats obtenus à partir des différents essais de laboratoire témoignent, que le gisement présente une teneur important de l'oxyde de silice (SiO₂) on peut dire que la matière première du gisement repend dans une large proportion dans la construction des routes comme couche de base ou de roulement.

La Silice a une influence d'abrasivité sur le fer. Sa nous donne une idée sur les caractéristiques de la matière construite la majorité des pièces de la station du concassage qu'ils doivent être résistantes.

Chapitre II : généralité sur les
méthodes d'exploitation et
l'exploitation du gisement de Djebel
Boukhanfer

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les méthodes d'exploitation en général, et la Méthode d'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer particulièrement.

A la fin de ce chapitre nous calculons les Principaux éléments du système d'exploitation (Gradin, Plate-forme de travail).

II.1 Choix de la méthode d'exploitation à ciel ouvert

Pour pouvoir choisir le mode et la méthode la plus bonne pour notre exploitation, on va chercher au début les caractères généraux ensuite les caractères particuliers.

- Caractère généraux :
 - Nature du dépôt (sédimentaire ou métallifère) ;
 - Disposition dans le sol ;
 - Morphologie du gisement ;
 - Densité des veines minéralisées ;
 - Accidents tectoniques ;
 - Dimension du gisement ;
 - L'hydrogéologie.
- Caractère particulier :

Pour le minerai :

- La composition minéralogique (nature, richesse, propreté, humidité) ;
- Disposition dans le sol ;
- Epaisseur, profondeur, pendage, régularité, dureté ;

Pour le stérile :

- Composition, qualité, dureté, solidité vis-à-vis des pressions et des mouvements développés les travaux d'extraction.

II.2 Méthodes d'exploitation à ciel ouvert

La méthode d'exploitation c'est une succession des travaux d'extraction des minerais et de

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

stérile, dans un ordre bien déterminé.

On distingue trois méthodes d'exploitation à ciel ouvert [7] :

- méthode d'exploitation par fosse ;
- méthode d'exploitation par découverte ;
- méthode d'exploitation à flanc de montagne (flanc de coteau).

II.2.1 Méthode d'exploitation par fosse

a. Principe de la méthode :

Cette méthode est utilisée à l'extraction de minerai encaissé dans des roches dures, disséminé, ou en veines profondes avec une extension latérale réduite. Elle est réservée aux gisements sous forme d'amas, filons et, aux couches fortement pentées. Cette méthode appelée aussi excavation globale, il s'agit d'un grand cratère qui prend la forme d'un cône qui constitue la fosse, dont le profil est constitué de gradins.

La crête de chaque gradin est représentée en plan par une courbe fermée que l'on est obligé d'extraire de haut vers le bas par fosses successives dans le minerai ou le stérile.

L'exploitation se développe à la fois horizontalement et verticalement. Pour des raisons de sécurité, les parois de la fosse (bords), doivent avoir une inclinaison limitée entre **30 et 70°**, cette valeur variant selon la nature de la roche [7].

b. Travaux de découverte

La découverte porte alors non seulement sur les terrains stériles qui surmontent directement le minerai, mais aussi sur tout le volume du cône qui constitue la fosse.

Tous les matériaux stériles doivent être évacués hors de la fosse et stockés (pour être éventuellement remis dans le trou en fin d'exploitation) [7].

c. Travaux d'abattage

généralement est réalisé à l'explosif et l'évacuation des stériles, comme du minerai, nécessite des camions qui remontent le long des flancs de la fosse sur des pistes spécialement aménagées pour passer de gradin en gradin [7].

d. Travaux de chargement

Le chargement des camions peut être effectué sur chaque gradin (par des pelles ou chargeuses).

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

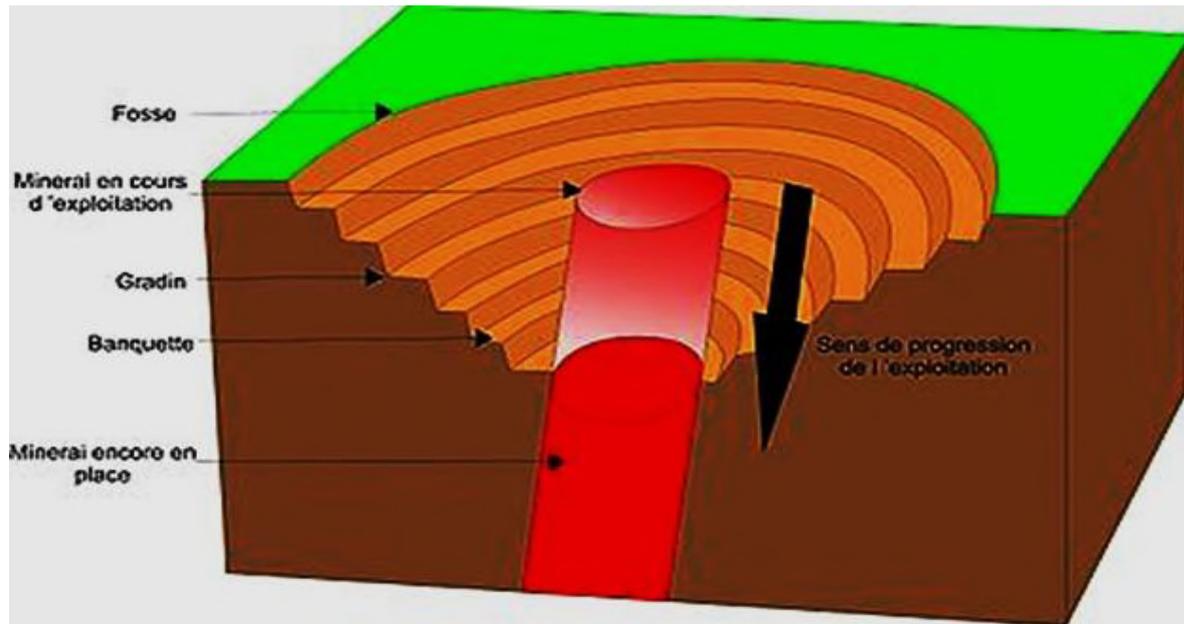


Figure II.1 : Méthode d'exploitation par fosses emboîtées [7].

Cette méthode d'exploitation est caractérisée (inconvenients) par :

- La conduite des travaux d'exploitation présente un caractère irréversible, leur évolution étant fixée par une étude préalable de la forme ultime ;
- Le taux de découverte augmente très vite avec la profondeur ;
- Cette méthode exige la constitution des terrils extérieurs non loin du champ minier, à des endroits spécialement prévus à cet effet.

II.2.2 Méthodes d'exploitation par découverte

a. Principe de la méthode

Cette méthode est utilisée pour l'exploitation des gisements subhorizontaux ou horizontaux, ces gisements ont des grands tendus et peu profonds, dont le développement des travaux s'effectue uniquement à l'horizontale.

Cette méthode généralement observée dans les exploitations de gisements des roches tendres, elle est particulièrement développée dans les mines de charbon ainsi que dans d'autres grands gisements sédimentaires (fer, bauxite, phosphates, ou granulats)

La production journalière atteint jusqu'à 200.000 t/jour [7].

b. La découverte (enlèvement de stérile):

l'exploitation se développe horizontalement, par la création d'une tranchée dans le recouvrement sur la largeur totale à exploiter, cette tranchée est ensuite approfondie jusqu'au toit de la minéralisation et élargie progressivement vers les extrémités de champs

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

miniers ce qu'on appelle la découverte [7].

c. L'exploitation du minerai

De la même façon, à partir d'une tranchée initiale progresse parallèlement à la découverte. Au fur et à combler l'excavation. On a ainsi trois fronts qui progressent simultanément.

Lorsque l'épaisseur du stérile et/ou celle du minerai est trop importante (plus de 20 m), chacun des fronts peut comporter plusieurs gradins.

Le matériel utilisé est divers : draglines, pelles mécaniques, ou par des camions-bennes associés aux bulldozers [7].

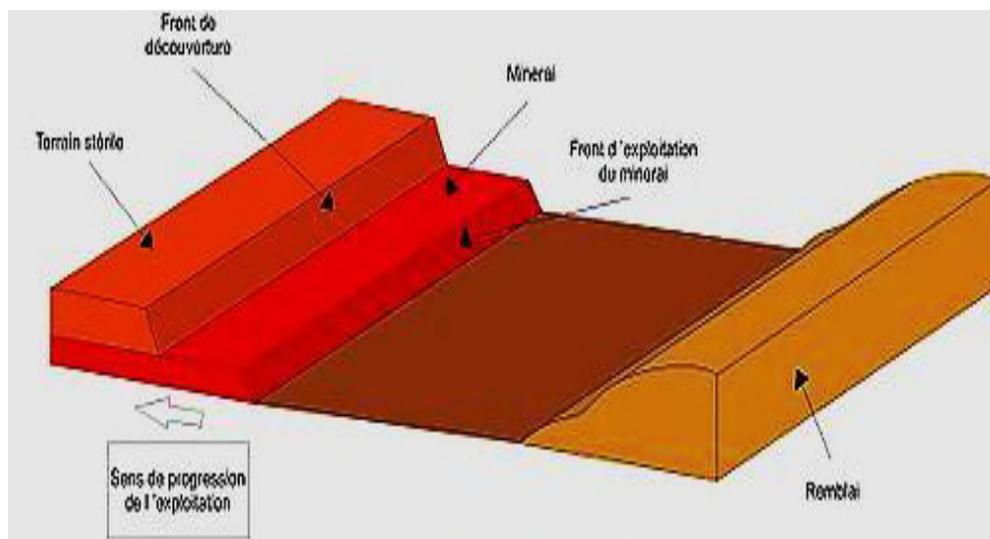


Figure II.2 : Méthode d'exploitation par tranchées successives [7].

Cette méthode d'exploitation est caractérisée par :

- Le rapport de découverte presque constant ;
- Dans cette méthode, on n'a pas besoin de déplacer le stérile à l'extérieur du champ minier.

II.2.3 Méthode d'exploitation à flanc de couteau : (flanc de montagne, demi tranchée)

Dans le cas des régions montagneuses, les gradins peuvent être incomplets, les gradins se développent sur un seul côté (flanc), ce qui permet périodiquement de créer des nouveaux gradins plus profonds faisant progresser les travaux en profondeur. Cette méthode est généralement observée dans l'exploitation des matériaux de construction [7].



Figure II.3 : Méthode d'exploitation à flanc de couteau (Photo a Si-Mustapha 2018)

Suivant les conditions minières et géologiques des gisements, le sens d'avancement du front de taille peut être comme suit [7] :

- a. Longitudinal** : l'avancement du front de taille (enlevure) est longitudinale, par contre le sens de déplacement des fronts des travaux est transversal, et suivant le développement des travaux miniers qui s'effectuent sur les bords exploitables ;
- b. Transversal** : l'avancement du front de taille (enlevure, front du gradin) est transversal, le développement des travaux miniers s'effectuent sur les bords exploitables peuvent être (à un seul bord ou à deux bords) ;
- c. En éventail** : soit avec un seul point d'inflexion du front de travail (méthode centrale), soit avec deux ou plusieurs points d'inflexion (méthode dispersée) ;
- d. Circulaire** : soit centrale dont le développement des travaux se fait de l'extérieur vers l'intérieur ou périphérique dont les travaux se développent de l'intérieur vers l'extérieur.

II.3. Principaux indices d'une méthode d'exploitation

- La vitesse de déplacement du chantier ;
- L'avancement annuel du front de travail ;

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

- Le nombre et le temps d'extraction d'un bloc ;
- La production annuelle ;
- L'approfondissement annuel des travaux (pour les gisements dressent et semi dressant).

II.4. Méthode d'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Le choix de la méthode d'exploitions de ce gisement consiste principalement la morphologie et la nature de gisement, pour cela la méthode d'exploitation à flanc de coteau a été choisi, où les travaux d'exploitationse fait de haut vers le bas et le sens déplacement du front de taille est orienté vers la limite de la carrière.

L'exploitationa été initialisée par la préparation du sommet, afin d'avoir de plate-forme suffisante pour l'emplacement des engins, L'exploitation a été commencéedu niveau supérieur 430m ver le niveau inférieur 290m avec 10 gradinsde 14 m de hauteur

La structure du gisement et la dureté de la roche nous a forcés à prendre l'inclinaison du talus de 80°, ce que permet d'assurer la stabilité des talus.

II.5 Principaux éléments du système d'exploitation

Tous les systèmes d'exploitation ont des éléments communs, qui sont :

- La hauteur et l'angle de talus du gradin ;
- La plate-forme de travail ;
- Longueur du bloc.

II.5.1 Gradin

C'est un élément fondamental technologique de l'exploitation à ciel ouvert représentant une partie des morts terrains ou du gisement enlevée de manière autonome et qui est desservi par des moyens de transport qui lui sont propres.

Les gradins sont limités à 15m par la législation, en réalité les hauteurs sont variables entre 9et 15 même jusqu'à 20 mètres. Sur le même gradin une dénivelée considérable est à remarquer.

Chaque gradin a généralement deux surfaces dégagées :

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

- Le front d'attaque ;
- Le talus du gradin.

Les éléments géométriques et technologiques sont sur la figure ci-dessous :

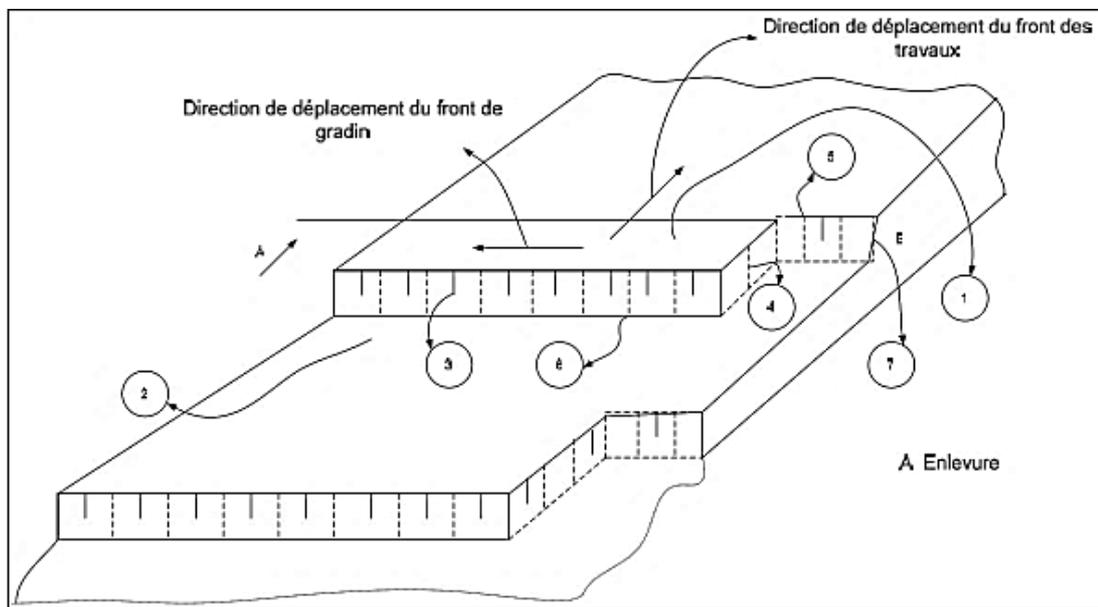


Figure II.4 : éléments géométriques et technologique d'un gradin.

- 1. Toit du gradin :** c'est la surface horizontale limitant le gradin à sa partie supérieure ;
- 2. Mur :** c'est la surface horizontale limitant le gradin à sa partie inférieure ;
- 3. Talus :** la surface latérale inclinée limitant le gradin du côté vide de l'exploitation ;
- 4. Front d'attaque :** c'est l'emplacement où l'excavateur travaille ;
- 5. Arrête supérieure :** c'est la ligne d'intersection entre le toit et le talus ;
- 6. Arrête inférieure :** c'est la ligne d'intersection entre le mur et le talus ;
- 7. Angle du gradin :** c'est l'angle formé entre le mur et le talus. Cet angle est choisi suivant la nature des roches et particulièrement en fonction de leur nature.

II.5.1.1 La hauteur du gradin

La hauteur du gradin est prise en fonction des propriétés physico-mécanique des roches et en fonction des paramètres techniques des engins de chargement et de transport existant dans la carrière. Dans les normes minières en Algérie, la hauteur du gradin ne doit pas dépasser 15 m.

La hauteur du gradin est déterminée par la formule suivante :

- roche tendre : $H_g = H_c^{\max}$;

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

- roche dure : $H_g \leq 1.5 \times H_c^{\max}$.

Où :

H_g : hauteur du gradin ;

H_c^{\max} : hauteur de la partie d'attaque de l'engin d'extraction ($9 < H_c^{\max} < 10$ m).

On prend $H_c^{\max} = 9.5$ m

AN:

$$H_g = 1.5 \times 9.5$$

$$H_g = 14.25 \approx 14\text{m}$$

Alors la hauteur maximale des gradins de gisement de Djebel Boukhanfer est de 14m ce qui est conforme à la hauteur de sécurité.

II.5.1.2. Angle de talus du gradin

L'angle d'inclinaison du talus dépend de la structure du gisement et la dureté de la roche, pour les roches dures et moyennement dures, cet angle varie entre 60° et 80° par rapport à l'horizontale. Dans notre cas on prendra un angle de talus $\alpha_T = 80^\circ$.

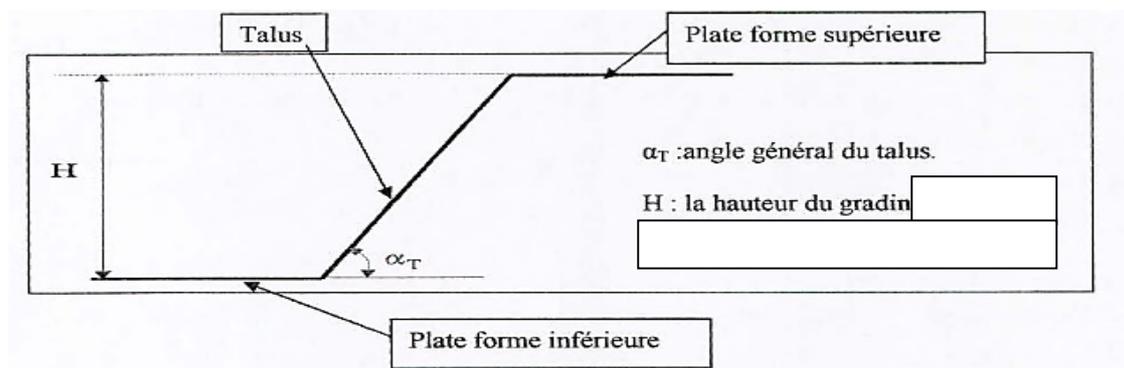


Figure II.5 : Représente angle de talus du gradin.

II.5.2. Plate-forme de travail

L'état des plates-formes est un facteur important pour l'obtention de bonnes conditions de travail, La largeur de la plate-forme de travail est commandée par les dimensions des engins miniers (chargement et transport) ainsi que la technique de tir.

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Dans notre cas, puisque l'abattage se fait à l'explosif, la largeur minimale de la plateforme de travail est donnée par la formule suivante :

$$L_{pt} = A + X + B_a + C + T + Z; \text{ (m)}$$

Où :

A : Largeur de l'enlevure en massif (m) ;

X : Largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure (m) ;

B_a : Largeur de la bande auxiliaire (m) ;

C : Distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport (m) ;

T : Largeur de la voie de transport (m) ;

Z : Largeur du prisme éventuel d'éboulement (m).

Voici un schéma qui représente une plateforme de travail

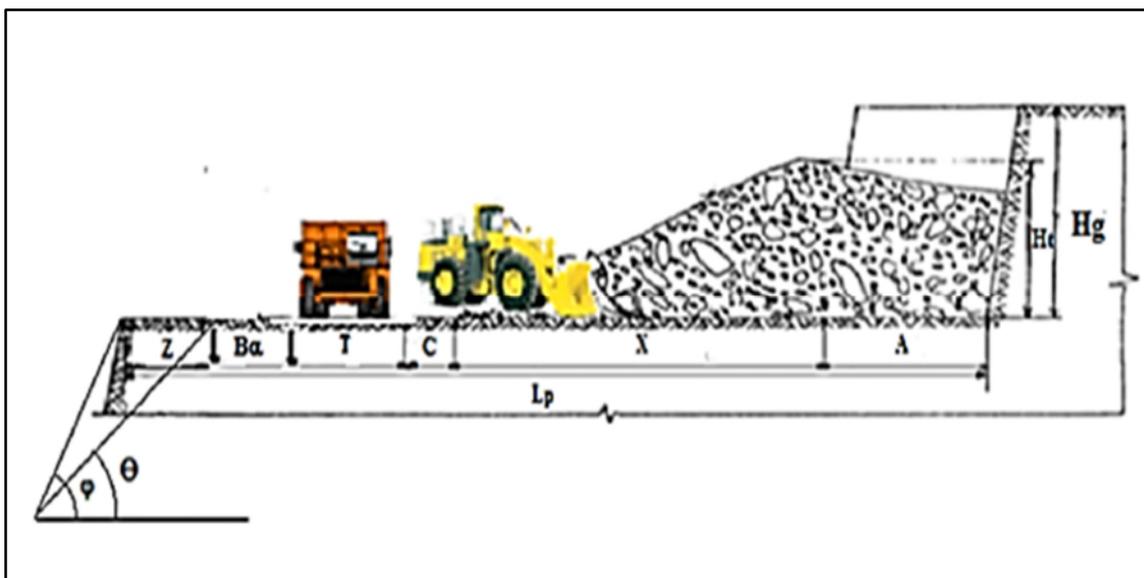


Figure II.6 : Schéma de la plateforme de travail (abattage à explosif).

➤ **A : Largeur de l'enlevure en massif (m) est calculé par la formule suivante :**

$$A = w + (n - 1) \times b$$

Où :

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

W : ligne de moindre résistance, la variation de la ligne de moindre résistance est due aux différentes structures du front d'abattage, on prend $W = 3.5$ m (donnée par l'Enterprise).

n : Nombre de rangées, (n = 4rangées) ;

b : Distance entre 2 rangées successives, (b = 3 m).

$$A = 3.5 + (4 - 1) \times 3$$

$$A = 12.5 \text{ m}$$

- **X : Largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure (m) est calculée par la formule :**

$$X = A \times (2 \times K_f \times \frac{H_g}{H_t} - 1) ; (\text{m})$$

Où :

K_f : coefficient de foisonnement des roches (1.5 par rapport à notre gisement) ;

H_g : hauteur du gradin (m) ;

H_t : hauteur du tas $(0.5 - 0.9) \times H_g$, (m).

Pour les Granodiorites :

$$H_t = 0.9 \times 14 = 12.60 \text{ m}$$

Alors :

$$X = 12.5 \times (2 \times 1.5 \times \frac{14}{12.6} - 1)$$

$$X = 29.17 \text{ m}$$

- **C : Distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport(m) est calculée par la formule suivante :**

$$C = 0.2 \times H_g ; (\text{m})$$

$$C = 0.2 \times 14$$

$$C = 2.8 \text{ m}$$

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

➤ **La largeur de la voie de transport (T) :**

Dans notre carrière on a deux voies de transport.

La largeur de la voie de transport est donnée par la formule suivante :

$$T = 2(d+e) + Y + r$$

Où :

T : largeur de la piste ;

d : largeur de la benne de camion (4.98 m), voir (Tableau III.7);

e : largeur de la bande de sécurité (0.4 à 1.0) :

$$e = 0.5 + 0.005 \times V$$

V : la vitesse de circulation des camions dans la carrière de Si-Mustapha (V = 20 km/h).

$$e = 0.5 + 0.005 \times 20$$

$$e = 0.6 \text{ m}$$

Y : distance entre les bennes des camions (Y = 2×e = 1.20 m).

r : largeur de la rigole d'évacuation d'eau (r = 0.4 m).

Alors :

$$T = 2(4.98+0.6) + 1.20 + 0.4$$

T = 12.76 m

Note : T est la largeur de demi-tranchée d'accès

➤ **La valeur B_a est déterminée par la formule suivante :**

La largeur de la voie auxiliaire destinée à l'emplacement des engins ou installation auxiliaires (m). (B_a = 3m à 8 m).

On prend :

B_a = 5m

➤ **La valeur Z est déterminée par la formule suivante :**

$$Z = H_g \times (\cotg\alpha - \cotg\Phi) ; (\text{m})$$

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Où:

α : l'angle de talus de gradin en liquidation ($60^\circ - 70^\circ$), on prendre $\alpha = 65^\circ$;

Φ : l'angle de talus de gradin en exploitation (80°) ;

H_g : la hauteur du gradin de la roche abattue (14 m).

$$Z = 14 \times (\cotg 65 - \cotg 80) ; (m)$$

Z = 4.06 m

Donc la largeur minimale de la plate-forme de travail est :

$$L_{pl} = 12.5 + 29.17 + 2.8 + 12.76 + 5 + 4.06$$

Lpl= 66.29 m

II.5.3 Longueur du bloc

Suivant la longueur, un gradin peut être divisé en blocs que l'on exploite par des moyennes d'abattage et de chargement, la longueur du bloc est de 100 à 250 m lorsque le transport se fait par camion, pour cela on propose une longueur du bloc égale à 130 m.

II.6 Technologie d'exploitation du gisement

On distingue les processus principaux de la technologie d'exploitation du gisement en quatre parties telles que :

- 1 – Abattage des roches;
- 2 – Chargement des roches;
- 3 – Déplacement et transport des roches;
- 4 – Formation des terrils.

A chaque processus principal correspondant les travaux auxiliaires dont la réalisation permettent de faciliter son exécution.

II.6.1. Abattage des roches

Le choix de la méthode d'abattage des roches dépend de :

- type de roches, et leur état naturel;
- les propriétés physico-mécaniques des roches;
- la productivité de l'entreprise minière;
- les paramètres techniques des engins et des équipements miniers disponibles et des exigences fixées à la qualité du minerai extrait.

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Dans la Carrière de Djebel Boukhanfer l'abattage se fait par l'explosif.

II.6.1.1. Abattage à l'explosif

La méthode d'abattage à l'explosif est en général utilisée dans les carrières de roches massives et dures. En effet, dans le cas des roches dures, les procédés d'extraction continus ne sont pas possibles, l'abattage à l'explosif est alors une alternative qui présente l'avantage de fragmenter des volumes de roche importants, et ce avec des moyens limités en termes d'engins (foreuse et engins de chantiers pour la reprise) et une mise en œuvre assez restreinte. De plus, l'étendue actuelle des possibilités en termes d'explosifs et les compétences qui existent aujourd'hui dans le domaine ont contribué à la banalisation de ce procédé.

A partir d'une succession d'opérations a priori simples, implantation et foration des trous, chargement et amorçage des explosifs, l'abattage à l'explosif contient différents objectifs :

- abattre un grand volume de roche, avec :
 - ✓ une granulométrie adaptée aux installations, avec une proportion de blocs et de fines la plus réduite possible ;
 - ✓ un épanchement du tas et un foisonnement adapté aux engins de reprise du tas.
- assurer une bonne géométrie des fronts sur la carrière avec un bon alignement des fronts et de la plate-forme.

A. Définition d'explosif

On appelle explosif une combinaison chimique qui sous l'action d'une impulsion extérieure (réchauffement, étincelles, chocs), est apte à exploser, c'est-à-dire pouvant se transformer instantanément en d'autres combinaisons chimiques avec dégagement de chaleur et formation de gaz capables de produire un travail mécanique et engendrant dans le milieu environnant des ondes de choc [10].

La décomposition d'explosif donne naissance à deux actions différentes et complémentaires :

- Une onde de choc : effet de choc, brisance ;
- Un dégagement d'un grand volume de gaz à très haute température : effet de poussée.

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

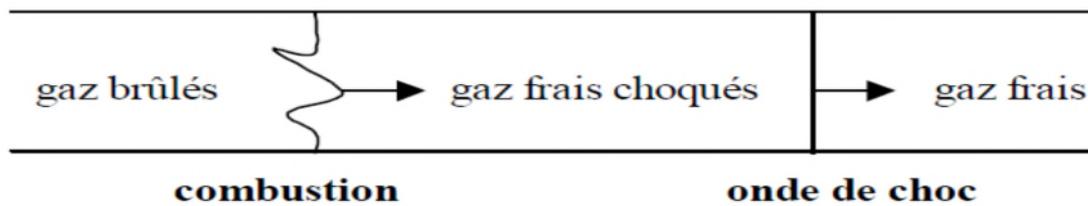


Figure II.7 : Propagation de l'onde de choc issue d'une détonation [10].

B. Les types des explosifs : Actuellement on utilise six grands types d'explosifs industriels [11] :

- a- Les dynamites ;
- b- Les explosifs nitrates ;
- c- Les nitrates fuels ;
- d- Les explosifs bouillis ;
- e- Les émulsions ;
- f- Les nitrates fuels alourdis.

Tableau II.1 : Caractéristiques des explosifs fabriqués en Algérie par l'ONEX.

Désignations	Densité g/cm ³	Vitesse de Détonation m/s	Résistance à l'eau	Domaine d'utilisation
Dynamites	1,4 – 1,5	4000 – 6000	Excellent	Roches dures et humides
Nitrates	1,0 – 1,15	4000 – 6000	Médiocre	Roches de dureté moyennes peu humide
Nitrate fuels (ANFO)	0,9	3000 – 4000	Faible	Roches de dureté moyennes et tendres

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Emulsions	1,2 – 1,5	4000 – 5000	Excellent	Roches dures et humides
-----------	-----------	-------------	-----------	-------------------------

Note : on a deux types d'explosif utilisés dans notre carrière :

- L'ANFO se compose d'environ 94% de nitrate d'ammonium et environ 6% du carburant diesel se présente sous la forme des cartouches de 90 mm de diamètre ;
- Le Marmanite II se présente sous forme d'une poudre.

II.6.2 Chargement

Les travaux d'extraction et de chargement consistent en l'abattage des roches du massif vierge ou préalablement ameubli et leur chargement dans les engins de transport. Dans certains cas on déplace les roches directement au terril. Pour leur exécution, on utilise les excavateurs de différents types, chargeuses, scrapers et d'autres engins.

Durant les dernières années, nous assistons au développement des chargeuses qui rivalisent fortement la pelle mécanique dans les conditions correspondantes d'exploitation des gisements à ciel ouvert. Dans les carrières contemporaines les chargeuses souvent remplacent les excavateurs, entre autres les pelles mécaniques. Avec création des grosses chargeuses sur pneus, à châssis articulé, la pelle mécanique à câble disparaît peu à peu des exploitations à ciel ouvert.

La détermination du type d'engin d'excavation et chargement se basé sur les facteurs suivants :

- ✓ La nature des matériaux ;
- ✓ La méthode d'exploitation ;
- ✓ La production planifiée ;
- ✓ Les mesures de sécurité.

II.6.3 Déplacement et transport des roches

Un des processus principaux dans les mines à ciel ouvert est le transport des minéraux utiles et des roches stériles, dont le pourcentage dans le prix de revient total d'exploitation atteint (30-70%).

Chapitre II : généralité sur les méthodes d'exploitation et l'exploitation du gisement de Djebel Boukhanfer

Le but principal du transport dans une carrière est le déplacement de la masse minière des chantiers aux points de déchargement qui sont les terrils pour les roches stériles et les stocks ou les trémies de réception des usines de traitement pour les minéraux utiles.

Le choix du type de transport dépend de :

- Propriétés des minéraux à transporter ;
- Types d'engins de chargement ;
- Conditions géologiques du gisement ;
- Dimensions des exploitations ;
- La profondeur de gisement ;
- La distance du transport ;
- L'inclinaison de voie de transport ;
- Rendement de la mine à ciel ouvert.

II.6.4 Formation des terrils

Ils présentent sous trois formes principales :

- Les terrils plats :La dimension moyenne de ces terrils très modeste, est la suivante: 100 à 300m de longueur, 10 à 30m de hauteur ;
- Les terrils coniques :La dimension moyenne de ces terrils est la suivante : 100m de hauteur, rayon de 100 à 200m ;
- Les grands terrils modernes :il s'agit d'une combinaison des terrils plats et coniques mais plus larges.

Conclusion

La méthode d'exploitation dans la carrière de Djebel Boukhanfer est celle de flanc de coteau avec un sens d'avancement du front de taille est en éventail deux points d'inflexion.

La technologie d'exploitation en général consiste à l'abatage de minerai puis le chargement et par suite le transport et terminé par la formation des terrils.

Chapitre III : Travaux d'exploitation et dimensionnement du matériel

Introduction

Afin d'exploiter le maximum possible de la roche granodiorite réserver dans le périmètre de la carrière, nous présentons dans ce chapitre le régime du travail et le dimensionnement du matériels souhaité (forage, chargement et transport).dans le but d'augmenter la production de cette entreprise a la base du matériels disponibles.

III.1Données parl'Enterprise ENG

La production annuelle (Pan= 1468000t/an) pour l'année2017 (donnée par L'ENG).

L'entreprise produit différents types de granulats, mais cela dépend de la demande du marché de vente (les besoins des clients).

Le sable n'est pas requis comparé au gravier pour les clients de l'entreprise Mais le problème c'est qu'après le traitement, le rapport de sable résultant est élevé,pour éviter cela, les ingénieurs ont déjà fait plusieurs expériences, parmi lesquelles Ils jouent sur la forme de la maille qui sera exploiter pour obtenir une forme optimale du roche abattu.

Tableau III.1: Les principaux paramètres techniques

Produit	Catégorie
graviernaturel concassé	0/40 mm
graviernaturel concassé	0/200 à 0/300 mm
gravier naturel concassé	0/25 mm
gravillons	25/40 mm
gravillons	16/25 mm
gravillons	4/8 mm
gravillons	8/16 mm
Sable	0/4 mm

Le matériel qu'a été utilisé pondant l'année 2017:

- Deux concasseurs(SANDVIK et DRAGO) avec une capacité de production pratique (680t/h)alternativement ;
- Deux chariotes (ATLAS COPCO D50) ;
- Deuxchargeuses (L 350 F Volvo) et (KOMATSU WA600-3)alternativement;

- Cinquanciens dumpers (TEREX TR60).

III.2 Conditions technico-minières de la carrière

III.2.1 Régime de fonctionnement

Le régime de travail arrêté pour l'ensemble des postes de la carrière est comme suit :

- Nombre d'heures de travail par poste06 heures/poste
- Nombre de postes par jour02 postes/jour
- Nombre de mois ouvrables par année.....12 mois/an
- Nombre de jours ouvrables par année.....300 jours/an
- Nombre de jours ouvrables par semaine.....06 jours/semaine

III.2.2 Capacité de production souhaitée de la carrière

A. Production horaire

L'entreprise ENG dispose d'une station avec deux concasseurs de marque SANDVIK et DRAGO de même capacité de production théorique de 400 t/h. Mais pratiquement et selon le coefficient d'utilisation de concasseur, la production horaire est donnée par la formule suivante :

$$P_h = C_{th} \times N_{co} \times K_u; (t/h)$$

Où :

N_{co} : Nombre de concasseur ;

C_{th} : Capacité théorique de production horaire (t/h) ;

K_u : Coefficient d'utilisation intensive de concasseur (85%).

$$P_h = 400 \times 2 \times 0.85$$

$P_h = 680 \text{ t/h}$

B. Production journalière

La production journalière est déterminée par la formule suivant :

$$P_j = P_h \times N_{h/post} \times N_{p/jour}; (t/j)$$

Où :

$N_{h/post}$: Nombre des heures de travail par poste.

$N_{p/\text{jour}}$: Nombre des postes de travail par jour.

$$P_j = 680 \times 6 \times 2$$

$$\mathbf{P_j = 8160 \text{ t/j}}$$

C. Production par poste

La production postière (P_p) est déterminée par la formule suivante :

$$\mathbf{P_p = \frac{P_j}{N_{p/j}} ; (t/p)}$$

Où :

$N_{p/j}$: Nombre du poste par jours, qui égale à 2 postes par jour

$$P_h = \frac{8160}{2}$$

$$\mathbf{P_p = 4080t/poste}$$

D. Production annuelle

La production annuelle est déterminée par la formule suivante :

$$P_{an} = P_j \times N_{j/an} ; (t/an)$$

Où :

$N_{j/an}$: Nombre de jours ouvrables par an

$$P_{an} = 8160 \times 300$$

$$\mathbf{P_{an} = 2448000t/an}$$

E. Production mensuelle

La production mensuelle (p_m) est déterminée par la formule suivante :

$$P_m = \frac{P_{an}}{N_m} ; (t/mois)$$

Où :

N_m : nombre des mois dans une année, qui est égal : 12 mois

$$P_m = \frac{2448000}{12}$$

$$\mathbf{P_m = 204000t/mois}$$

F. Duré de vie de la carrière

C'est le rapport entre les réserves exploitables sur la production annuelle souhaité par l'entreprise.

$$Tv = \frac{Q}{Pa}$$

Où :

Q : réserves exploitables (t) ;

Pa: Production annuelle (t) ;

AN :

$$Tv = \frac{130431052.79}{2448000}$$

$T_v = 53.28$ ans

III.3 Dimensionnement et calcule du matériel

III.3.1. Travaux de forage

Le forage des trous dans le massif rocheux s'effectue à l'aide d'outils spéciaux ayant différents types d'action : cisaillement, coup et abrasion, selon le type d'outil, et selon le mécanisme de travail d'outil de forage, on distingue quatre modes de forage :

- Forage rotatif ;
- Forage percutent ;
- Forage roto-percutent ;
- Forage thermique.

Le mode de forage réalisé dans la carrière de Djebel Baukhanferest roto percutant, le forage se fait par deux chariots de forage de type (ATLAS COPCO D50) avec compresseur mobile (INGERSOLL) pour le forage des trous de mine.



Figure III.1 : Chariot de foration(Photo a la carrière de Si-Mustapha 2018)

ATLAS COPCO D50 est un chariot de forage dans le fond capable de forer dans la plupart des applications et utilisable pour la construction, l'exploitation minière de surface et les carrières. Il est facile à transporter et à installer sur presque n'importe quel type de site.

Tableau III.2: Les principaux paramètres techniques d'ATLAS COPCO D50 [16].

appareils de Forage	pneumatique rock équipement de forage
Applications	calcaire, les carrières de granulats et surface minière
Méthode de forage	en fond de trou
Trou diamètre	105-127mm
Alésage horizontal profondeur	29.4 m
Vertical alésage profondeur	16 m
Forage en acier	76mm/89mm/102mm
Pression de travail	1.05-2.46 MPa
Poids	5300kg
Taille	6900mm*2260mm*1800mm

III.3.1.1 Rendement du chariot de foration

Le rendement du chariot de foration est déterminé par le nombre des trous forés durant un poste de travail, qui est calculé par la formule suivante[08] :

$$R_s = \frac{T_p \times K_u}{T_f}$$

Où :

R_s : Rendement de la foreuse (trous/poste) ;

T : Durée d'un poste de travail (6 heures = 360 min) ;

K_u : coefficient d'utilisation du chariot de foration, ($k_u = 0.85$) ;

T_f : Durée de réalisation d'un trou, (min).

Pour le temps de foration (T_f) :

Le tableau suivant représente les essais que nous avons effectués, afin de calculer le temps de cycle moyen de foration.

Tableau III.3: Les essais de foration.

Essais	1 ^{er} tige+le marteau (min)	2 ^{ème} tige (min)	3 ^{ème} tige (min)	4 ^{ème} tige (min)	5 ^{ème} tige (min)
1 ^{ère} Essais	9 :10	6 :30	6 :30	6 :40	6 :32
2 ^{ème} Essais	8 :30	5 :40	6 :10	6 :15	5 :55
3 ^{ème} Essais	8 :10	5 :50	6 :50	6 :10	7 :00
4 ^{ème} Essais	8 :50	6 :00	5 :30	6 :05	6 :25
Moyenne	8 :40	6 :00	6 :20	6 :25	6 :28

L'angle d'inclinations de trous ($\alpha = 10^\circ$ à 14°), on prend $\alpha = 10^\circ$;

Le diamètre de trous ($D = 105\text{mm}$) ;

La longueur de [tige (3m), marteau (1m)] ;

t_1 : Le temps de foration pour la 1^{ère} tige et le marteau ($t = 8\text{min}$ et 40s) ;

t_2 : Le temps de foration pour la 2^{ème} tige ($t = 6\text{min}$) ;

t_3 : Le temps de foration pour la 3^{ème} tige ($t = 6\text{min}$ et 20s) ;

t_4 : Le temps de foration pour la 4^{ème} tige ($t = 6\text{min}$ et 25s) ;

t_5 : Le temps de foration pour la 5^{ème} tige ($t = 6\text{min}$ et 28s) ;

$$T_f = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$$

Donc Le temps de foration :

$$T_f = 33.88 \text{ min}$$

Avec :

$$V_a = \frac{L_{tr}}{T_f}$$

Où :

L_{tr} : longueur de trou de mine (15.5 m) ;

T_f : le temps de foration, ($T_f = 33.88 \text{ min}$) ;

$$V_a = \frac{15.5}{33.38}$$

$$V_a = 0.45 \text{ m/min}$$

Donc : le Rendement du chariot de foration est :

$$R_s = \frac{360 \times 0.85}{33.88} = 9.03$$

$$R_s = 9 \text{ trous/poste}$$

III.3.1.2 Nombre du chariot de foration

Le nombre du chariot de foration nécessaire pour assurer la production souhaitée par l'entreprise est déterminé par la formule suivante[08] :

$$N_s = \frac{P_a \times K_r}{R_s \times N_{p/j} \times N_{j/an} \times Q_{trou}}$$

Où :

N_s : Nombre du chariot de foration ;

P_a : Production annuelle, ($P_a = 2\,448\,000 \text{ t/an}$) ;

K_r : Coefficient de réserve du chariot de foration [1.2 – 1.25]

On prend : $K_r = 1.25$;

$N_{p/j}$: Nombre de postes de travail par jour, (2 postes) ;

$N_{j/a}$: Nombre de jours de travail du chariot de foration au cours de l'année ($N_{j/a} = 300$ jours) ;

R_s : Rendement du chariot de foration (9 trous/post).

Q_{tr} : Quantité de la roche abattue par un trou :

On a mesuré a et b à l'aide d'un Outil de mesure :

a : la distance entre les trous (3 m) ;

b : la distance entre les rangés (3 m) ;

α : L'angle d'inclinations de trous par rapport à la verticale ($\alpha = 10^\circ$) ;

m_v : la masse volumique de la roche (2.4 t/m^3) ;

hg : la hauteur de gradin (14 m) ; 1.5m de sous foration .

$$\frac{hg}{\cos(\alpha)} = 14.22 \text{ m}$$

$$Q_{tr} = \frac{hg}{\cos(\alpha)} \times a \times b \times m_v$$

$$Q_{tr} = 14.22 \times 3 \times 3 \times 2.4$$

$$Q_{tr} = 307.152 \text{ t}$$

Donc : Nombre du chariot de foration est :

$$N_s = \frac{2448000 \times 1.25}{9 \times 2 \times 300 \times 307.15} = 1.84$$

$N_s = \text{deux (02) chariots de foration}$

Remarque :

La foration des trous est assurée par deux chariots de fourrage identiques, mais pour le secours il faut acheter un troisième chariot pour éviter l'arrêt des travaux de forage en cas d'une panne

III.3.2 Travaux de chargement

Le type d'engin d'extraction et de chargement dans l'exploitation à ciel ouvert est lié à la quantité de matériau à extraire par poste, à la nature de ces matériaux et aux caractéristiques géométriques de l'exploitation (hauteur de gradin, plate-forme de travail).

III.3.2.1 Choix des machines de chargement

La détermination du type d'engin d'excavation et de chargement est basée sur les facteurs suivants:

- Les caractéristiques des roches et plus particulièrement leur excavabilité;
- La méthode d'exploitation;
- La production envisagée;
- Les mesures de sécurité.

L'adoption des engins de grandes capacités est conditionnée par les dimensions et les réserves du gisement.

III.3.2.2 Les avantages et les inconvénients de la chargeuse

A. Les avantages :

- Très mobile ;
- Peu sensible état de la roche ;
- Peut servir travaux auxiliaires ;
- Coût d'achat modéré ;
- Maintient aire chargement propre ;
- Qualification opérationnel moyenne ;
- Peuvent charger gros blocs.

B. Les inconvénients :

- Temps de cycle long ;
- Ripé, ébranlé, nécessite parfois engin auxiliaire ;
- Hauteur de chargement limitée ;
- Très sensible état du sol ;
- Fatigant pour le personnel ;
- Coût opérationnel élevé (pneu. Fuel) ;
- Faible durée de vie ;
- Fiabilité moyenne ;
- Nécessite espace de travail élevé ;
- Mauvaise visibilité marche arrière.

L'E.N.G a deux chargeuses (KOMATSU WA600-3) avec une capacité de godet de 6.2 m³ et (Volvo L 350 F) avec une capacité de godet de 6.5 m³.



Figure III.2 : ChargeuseKOMATSU WA600-3. (Photo carrière ENG, février 2018).

Tableau III.4:Fiche technique de la chargeuse KOMATSU WA600-3[16].

Largeur de godet	3.68 m
Largeur de transport	3.63 m
Vitesse	40 km/h
Rayon de braquage à l'extérieur	8.48 m
Fabricant du moteur	Komatsu
Puissance du moteur	389.3 KW
Tours-min	2000 tr / min
Capacité du godet	6.2 m ³
Longueur de transport	9.28 m
Hauteur maximal du godet	9.5 m
Puissance de levage	368.8 KN
Type de moteur	SAA6D170E-3



Figure III.3 : Chargeuse L 350 F Volvo (Photo carrière ENG, février 2018).

Tableau III.5: Fiche technique de la chargeuse L 350 F Volvo [16].

Poids	52.2 t
Largeur de godet	3.97 m
Type de direction	KL
Largeur de transport	3.63 m
Vitesse	40 km/h
Rayon de braquage à l'extérieur	9.31 m
Fabricant du moteur	Volvo
Puissance du moteur	394 KW
Tours-min	1400
Pneumatiques standard	35/65-33
Capacité du godet	6.5 m ³
Longueur de transport	11.86 m
Hauteur maximal de godet	9.60 m
Puissance de levage	347.6 KN
Type de moteur	D 16 ELAE-3

III.3.2.3 Le rendement de la chargeuse

Note : notre calculs sont avec la chargeuse L 350 F Volvo par ce que la chargeuse KOMATSU WA600-3 n'était pas en service.

Le rendement des engins de chargement dépend de :

- type d'engin;
- la capacité du godet;
- temps de cycle;
- la densité et la granulométrie de la roche abattue;
- l'expérience de conducteurs.

Le rendement de chargeuse est déterminé par l'expression suivante[09] :

$$R_{ch} = \frac{3600 \times V \times K_r \times K_u \times T \times m_v}{t_c \times K_f}$$

Où :

R_{ch} : le rendement de chargeuse;

V : Capacité de godet de la chargeuse ($6.5m^3$);

K_r : Coefficient de remplissage du godet ($K_r = 0.9$) ;

T : Durée d'un poste de travail ($T = 6$ h) ;

K_u : Coefficient d'utilisation de la chargeuse durant un poste de travail [85 – 87] %,

On prend : ($K_u = 0.85$) ;

m_v : Masse volumique de la roche ($\rho = 2.4t/m^3$) ;

K_f : Coefficient de foisonnement de la roche ($K_f = 1.5$) ;

t_c : Durée d'un cycle de chargement (s).

Tableau III.6: Les essais de chargement.

Essais	Chargement (sec)	Marche chargée (sec)	Déchargement (sec)	Marche vide (sec)
1ère Essais	22	7	6	3
2ème Essais	21	5	4	4
3ème Essais	18	6	4	5
4ème Essais	19	6	6	4
moyenne	20	6	5	4

La durée d'un cycle de chargement calculé par la formule suivante :

$$t_c = t_r + t_{mc} + t_{déch} + t_{mv}$$

Où:

t_r : Temps de remplissage d'un godet. Il est en fonction de la difficulté de pénétration du godet dans le tas et le coefficient de foisonnement (20 s) ;

t_{mc} : Tempe de marche à charge (6 s) ;

$t_{déch}$: Tempe de déchargement (5 s) ;

t_{mv} : Tempe de marche vide (4s) ;

AN :

$$t_c = 20 + 4 + 5 + 6$$

$t_c = 35 \text{ s}$

Donc :

$$R_{ch} = \frac{3600 \times 6.5 \times 0.9 \times 0.85 \times 6 \times 2.4}{35 \times 1.5}$$

$R_{ch} = 4910 \text{ t/poste}$

A. Nombre des godets nécessaires pour charger un camion

Le nombre des godets nécessaires pour le chargement d'un camion est calculé par la relation suivante [08] :

$$N_g = \frac{E_B \times k_{rc}}{V \times K_{rch}}$$

Où :

E_B : le volume de la benne du camion TEREX TR60 (26m³à ras) ;

K_{rc} : le coefficient de remplissage de camion (0.9) ;

K_{rch} : le coefficient de remplissage de chargeuse (0.9).

$$N_g = \frac{26 \times 0.9}{6.5 \times 0.9} \rightarrow N_g = 4$$

$N_g = 4 \text{ godets}$

B. Durée de chargement d'un camion

La durée de chargement d'un camion est calculée par la relation suivante :

$$t_{ch} = t_c \times N_g$$

$$t_{ch} = 35 \times 4 = 140$$

$t_{ch} = 140 \text{ s}$

III.3.2.4 Nombre de la chargeuse

Le nombre de la chargeuse est donné par la formule suivante[09] :

$$N_{ch} = \frac{P_a}{R_{ch} \times N_{p/j} \times N_{j/an}}$$

Où :

P_a : production annuelle de la carrière ($P_a = 2448000 \text{ t/an}$) ;

R_{ch} : Rendement d'exploitation de la chargeuse par poste ;

$N_{p/j}$: Nombre de poste par jour (2 poste) ;

$N_{j/an}$: Nombre de jour ouvrable par année ($N_{j/an} = 300 \text{ jours}$).

AN:

$$N_{ch} = \frac{2448000}{4910 \times 2 \times 300}$$

$$N_{ch} = 0.83$$

$N_{ch} = 1 \text{ chargeuse}$

Remarque :

Pour la réserve, il faut réparer la chargeuse KOMATSU WA600-3 pour sera Prêt en tout moment.

III.3.3 Travaux de transport

Le transport de la matière du front d'abattage vers la station de concassage est un processus de grande importance. Les moyens d'évacuation des produits abattus doivent assurer une bonne sécurité et un rendement maximal.

III.3.3.1 Le choix des moyens de transport : il dépend des facteurs principaux suivants :

- La production de la carrière ;
- La distance de transport ;
- Du type d'engins de chargement ;
- Des caractéristiques de la masse minière à transporter ;
- Des conditions géologiques du gisement ;
- Des dimensions de la carrière.

III.3.3.2 Les avantages et les inconvénients du camion

A. Les avantages

- Manœuvrabilité ;
- Possibilité de surmonter la pente plus élevée ;
- Diminution du rayon de braquage ;
- Simplicité d'organisation de travail à la carrière.

B. Les inconvénients

- Dépenses très élevées d'entretien et de réparation des camions ;
- Faible distance de transport (5-7km).

Le mode de transport utilisé dans la carrière de Si-Mustapha est par camions TEREX TR60 avec un volume de benne (26 m³).

Tableau III.7:Fiche technique deTEREX TR60[16].

Charge utile maximum	55 tonnes
Poids brut maximum	95 680 kg
Capacité en dôme	35,0 m ³
Puissance brute	522 kW (700 cv)
PLI	T882 AUG 2006
Moteurs	Cummins QSK19-C700
Type	Quatre temps, émissions certifiées, injection diesel directe, refroidissement à l'eau, moteur à turbocompresseur avec refroidissement air
Configuration des cylindres	6 en ligne

Cylindrée – litres	18,9
Alésage x Course – mm	159 x 159
Puissance brute - kW (cv) à tr/m	522 (7000) à 2 000
Puissance nette- kW (cv) à tr/min	481 (645) à 2 000
Couple maximum - Nm à tr/min	2 981 à 1 500
Puissance brute conforme à	SAE J1995 Jun 90
Emissions moteur	Conformes aux normes américaines Tier 3 / EPA / CARB MOH 40 CRF 89 et à la directive européenne sur les engins mobiles non routiers. Stage 3
Largeur maximal- m	4.98
Vitesse maximale-km/h	57,5
Volume benne m ³	26

III.3.3.3 Rendement des camions

Le rendement du dumper est donné par la formule suivante[09] :

$$R_c = \frac{3600 \times E_b \times T_p \times mv \times K_r \times K_u}{T_c \times K_f}$$

Où :

E_b : Capacité de la benne du camion (26 m³) ;

K_f : Coefficient de foisonnement de la roche ($K_f = 1.5$) ;

T_p : Durée d'un poste de travail (6 h) ;

K_r : Coefficient de remplissage de la benne du camion ($K_r = 0.9$) ;

K_u : coefficient d'utilisation du camion durant un poste de travail [85 - 87] %, On prend :

$K_u = 0.85$) ;

T_c : Durée d'un cycle de transport ;

T_{mn} : temps de manœuvrabilité.

La durée d'un cycle de transport est donnée par la formule suivante :

$$T_c = t_{ch} + t_{mc} + t_{déch} + t_{mv} + t_{mn}$$

Chapitre III Travaux d'exploitation et dimensionnement du matériel

Les mesures des temps de chargement sur le terrain d'un camion (on a prêt 2 mesures) tel que dans l'Enterprise il y a 6 camions (TEREX TR 60) matriculés comme suivant :

-un nouveau camion N°42.

-les autres sont anciens N°15, N°16, N°17, N°32 et N°19 (Plus du 5ans de service).

Remarque : Les camions N°15, N°19 et N°32 sont en pannes.

On a choisi le camion N°42 et N°17 ;



DumperN°17



DumperN°42

Figure III.4: Dumper TEREX TR60.(Photo a Si-Mustapha 2018)

Voici les essais de transport des deux dumpers (N°17 et N°42) dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.8:Les essais de transport.

Désignation	Dumper N°17	Dumper N°42
La date de mise en service	01/01/2010	01/01/2018
t_{mn}	25s	20s
t_{ch}	140s	140s
t_{mc}	390s	315s
$t_{déch}$	34s	30s

t_{mv}	242s	225s
Le temps de cycle (T_c).	831s	730s

Le cycle de chargement est mesuré à l'aide d'un chronomètre

Où :

t_{mn} : temps nécessaire aux manœuvres.

t_{ch} : temps de chargement d'un camion.

t_{mc} : temps de marche à charge.

$t_{déch}$: temps de déchargement.

t_{mv} : temps de marche à vide.

Donc :

$$R_{c1} = \frac{3600 \times 26 \times 6 \times 0.85 \times 2.4 \times 0.9}{831 \times 1.5} = 827.19$$

$R_{c1} = 827.19 \text{ t/poste}$

$$R_{c2} = \frac{3600 \times 26 \times 6 \times 0.85 \times 2.4 \times 0.9}{730 \times 1.5} = 941.64$$

$R_{c2} = 941.64 \text{ t/poste}$

Avec :

R_{c1} : le rendement pour le camion N°17 ;

R_{c2} : le rendement pour le camion N°42 ;

III.3.3.4 Nombre des camions

Le nombre des camions nécessaire pour assurer la production prévue est donné par la formule suivante[09] :

$$N_c = \frac{P_j \times K_{irr} \times kr}{R_c \times N_p}$$

Où :

P_j : la production journalière. ($P_j = 8160$ t/j) ;

K_{irr} : Coefficient d'irrégularité. (Varie entre [0.8 - 1.2] on prend $K_{irr} = 1.2$).

AN:

$$N_{c1} = \frac{8160 \times 1.2 \times 0.9}{827.19 \times 2} = 5.33$$

Nc1 = 6 camions

$$N_{c2} = \frac{8160 \times 1.2 \times 0.9}{941.64 \times 2} = 5.33$$

Nc2 = 5 camions

Avec :

Nc1: nombre des camions anciens modèle ;

Nc2: nombre des camions neveu modèle ;

Donc le cycle de transport est vérifié à la base de matériels disponibles.

Remarque :

Il faut que le matériel disponible soit tous en service, et compte tenu de l'état des machines à notre avis il est mieux d'acheter un dumper supplémenté.

Conclusion

D'après les résultats obtenus on a constaté que le matériel nécessaire pour réaliser la production annuelle souhaitée est :

- Deux concasseurs (SANDVIK et DRAGO) avec une capacité de production pratique (680t/h) ;
- Trois chariots(ATLAS COPCO D50) ;
- Deux chargeuses (L 350 F Volvo et KOMATSU WA600-3) ;
- Sept dumpers (TEREX TR60) sont largement suffisants pour assurer la production

La production de cette Entreprise sera augmentée jusqu'à 40% du 1.468.000t/an à 2.448.000t/an.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'exploitation des carrières requiert en matière de foration, chargement et de transport divers matériels. Différents systèmes de desserte, correspondance entre un engin de foration, de chargement et de transport, peuvent être envisagés chacun d'entre eux ayant un domaine d'application bien défini.

La carrière de Djebel Boukhanfer, dont la superficie du périmètre d'exploitation est de 40 ha et une production annuelle d'un million quatre cent soixante-huit mille tonnes.

Cette production est assurée par deux concasseurs (SANDVIK et DRAGO) à mâchoire travailler alternativement.

Le fourrage est assuré à l'aide de deux foreuses (ATLAS COPCO D50) identiques

Le chargement est réalisé par une chargeuse (VOLO L350F) et (KOMATSU A600) travaillé alternativement.

Le cycle de transport de minière abattu se fait par 5 dumpers (TEREX TR60)

Nous avons cherché une amélioration de production (utilisé la station de concassage complété) donc on veut produisent 680 t/h, c'est le point de départ de notre travaille.

Pour cella on a recalculée le nombre de chariot, de chargeuse et de dumper en considèrent le type de matériel existant.

La production annuelle sera augmentée jusqu'à deux millions quatre cent quarante-huit mille tonnes, par une évaluation de 40%.

Les études et les observations accomplies nous permettent de faire les recommandations suivantes :

- Il faut fonctionner les deux concasseurs en permanant ;
- Pour une meilleure productivité, IL est impératif d'utiliser deux chariots, une chargeuse et six dumpers, au lieu de trois dumpers, réparant les trois autres dumpers, Avec l'ajout d'une machine de (chariot, chargeuse et dumper) comme une réserve.

Résumé

Dans l'exploitation minière, le matériel joue un rôle essentiel sur la production C'est pourquoi nous sommes intéressés à étudier le dimensionnement de ce dernier.

Dans notre présent travail, nous avons dimensionné et calculé le matériel de foration, chargement et de transport de la carrière de Djebel Boukhanfer, afin de les optimiser et augmenter la production annuelle du site à partir de la productivité de la station.

Les études et les observations accomplies ainsi que les résultats de calcul, nous permettent de donner une nouvelle solution, consistant en une adoption d'une nouvelle combinaison foration, chargement et transport optimisée.

Mots clés : carrière, équipement, foration, chargement, transport, engins, combinaison, optimisations.

Abstract

In mining, equipment plays a vital role in production. That is why we are interested in studying the dimensioning of the latter.

In our present work, we have dimensioned and calculated the drilling, loading and transport equipment of the Djebel Boukhanfer quarry, in order to optimize them and increase the annual production of the site from the productivity of the station.

The studies and the observations made as well as the calculation results allow us to give a new solution, consisting in adopting a new combination of drilling, loading and optimized transport.

Key words: quarry, loading and haul, equipment, drilling, combination, parameters, optimize.

ملخص

في مجال التعدين، تلعب المعدات دوراً حيوياً في الإنتاج، ولهذا السبب نحن مهتمون بدراسة أبعاد هذا الأخير.

في عملنا الحالي، قمنا بتحديد أبعاد وحساب معدات الحفر والتحميل والنقل لمحجر جبل بوخنفر، من أجل

تحسينها وزيادة الإنتاج السنوي للموقع من إنتاجية المحطة.

تسمح لنا الدراسات والملاحظات التي تم إجراؤها بالإضافة إلى نتائج الحساب بإعطاء حل جديد، يتمثل في

اعتماد توليفة جديدة من الحفر والتحميل والنقل الأمثل.

كلمات مفتاحية : محجرة، معدات، الحفر، التحميل، النقل، آلات، الجمع، التحسينات.