



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للمناجم والمعادن - عمار العسكري - عنابة  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET DE LA METALLURGIE  
AMAR LASKRI- ANNABA

**Département Génie Minier**

## **Mémoire de Fin d'Etudes**

*En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER*

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Minier

Spécialité : Contrôle des Terrains Avancés

Thème

### **Analyse critique du transport par camion dans la mine souterraine de BOUKHADRA**

Présenté par : saif eddine MAHALLEM

Encadré par : Mm.H.MAHTALI

Adel AISSI  
Samah HABES  
Houda MAHTALI

MCA, ENSMM  
Enseignante, ENSMM  
MCB, ENSMM

Président  
Examineur principal  
Encadreur

**Juillet 2019**



## RESUME

Le broyage du clinker dans des tubes-broyeurs à boulets en acier est une étape très consommatrice d'énergie électrique dans la fabrication du ciment, et son rendement énergétique est très faible. Pour améliorer le rendement de cette opération, des produits appelés agents de mouture sont ajoutés en très faibles quantités au broyage du clinker. Cependant, les modes d'action de ces produits restent mal connus à l'heure actuelle. Dans le but de mieux connaître les mécanismes d'action de ces produits, deux agents de mouture sont étudiés sur le broyage du clinker. L'un d'entre eux, appelé « Mi », est utilisé couramment en industrie et est constitué d'un mélange d'eau et d'acétate de triéthanolamine.

L'autre qui est noté « formulation F », se compose de trois molécules organiques. Ce dernier a un effet différent de celui de Mi sur le broyage du clinker en laboratoire, utilisant un broyeur de type planétaire.

Nous avons montré que ces deux produits agissent aussi favorablement sur le rendement du broyage d'autres minéraux tels que le calcaire et le laitier. Leur mode d'action n'est pas dépendant de la nature du milieu de broyage puisque Mi et F sont efficaces dans des bols de broyage en acier ou en alumine.

Leur mode d'action est lié à l'amélioration de la désagglomération de la poudre au cours du broyage grâce à un effet dispersant sur le clinker.

*Mots-clé : broyage du clinker, rendement énergétique, agent de mouture, désagglomération*

## ABSTRACT

In cement industry, clinker grinding in steel tumbling mills is energy consuming, and it has a very low energy efficiency. The use of a small quantity of products called grinding aids can improve the energy efficiency of this operation. However, the grinding mechanism with such products has not been explained precisely yet. In order to understand it, we study the effect of two grinding aids on clinker grinding. The first one is a common used agent, referred as « Mi », containing water and triethanolamine acetate. The second one, a new one referred as « compound F », is composed of three organic molecules. Compound F has shown a different effect from Mi on clinker laboratory grindings using a planetary ball mill.

We have found that they improve not only the clinker comminution, but also the one of other materials like limestone and slag. Their mode of action is not dependant on the grinding medium as they are efficient when it is composed of steel and alumina.

Finally, their mode of action is linked with the improvement of the powder dry dispersion in the mill due to a dispersing effect of the clinker.

*Keywords: clinker grinding, grinding energy efficiency, grinding aid, dry dispersion*

في صناعة الإسمنت، يستهلك اجهزة الطحن في مصانع الإسمنت طاقة كبيرة جدا. ويمكن أن يؤدي استخدام كمية صغيرة من المنتجات تسمى أدوات مساعدة الطحن إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة لهذه العملية. بيد أن آلية التجليخ مع هذه المنتجات لم توضح بعد على وجه الدقة. سندرس التأثير بين اثنان من مساعدات الطحن. الأول هو وكيل شائع الاستخدام، يشار إليه باسم مركب (مي) ويحتوي على الماء والأسيتات ثلاثي الإيثانول أمين. أما الثاني، وهو واحد جديد يطلق عليه اسم "المركب (ف)"، فهو يتكون من ثلاث جزيئات عضوية. قد أبدى مركبة [ف] تأثير مختلفة من [مي] على الكلينكر لذلك سنقوم بدراسة الفرق بينهما

## **Résumé**

L'exploitation des mines et souterrain requiert en matière de chargement et transport des matériels de type et de puissance variés. Différents systèmes de desserte, association entre un engin de chargement et de transport, peuvent être envisagés chacun d'entre eux ayant un domaine d'application économiquement rentable bien défini.

Lorsque l'on sait que le chargement et le transport représentent de 40 à 60% du coût technique de l'extraction on mesure l'importance que représente l'étude détaillée de ces deux postes.

Pour cette raison, Dans cette présentation on a préféré centrer son exposé sur les engins et matériels de chargement et de transport utilisés sur des mines et des carrières souterraines. Après un rappel de la cinématique de chaque machine on étudiera sa productivité et ses conditions d'utilisations optimales.

Enfin, dans cette étude on va analyser les paramètres de chargement et de transport, et les matériels de chargement, les matériels de transport et les combinaisons d'engins les plus courantes en nous limitant aux solutions simples qui sont en général les plus efficaces dans cette carrière souterraine.

**Mots clés :** mines, souterrain, équipement, chargement, transport, engins.

## **abstract**

The mining and quarrying requires for loading and transportation of various type and power equipment. Different service systems association between a machine loading and transport may be considered each having an area of well-defined cost-effective application.

When we know that, the loading and transport represent 40 to 60% of the technical cost of extraction is measured the importance that represents the detailed study of these two positions.

For this reason, in this presentation we preferred to focus his presentation on the equipment and material loading and transportation used on mines and quarries. After a review of the kinematics of each machine be studied its productivity and optimal conditions of use.

Finally, in this study, we will analyze the loading and transport parameters, and loading equipment, transport equipment and combinations of the most common devices, limiting ourselves to simple solutions are the most effective in general in this career.

**Key words:** mining, ,equipment, loading, transportation, machine.

### المخلص

تتطلب عمليات التعدين والعمليات الأرضية تحميل ونقل أنواع مختلفة وقوة. يمكن تصور أنظمة خدمة مختلفة ، وهي رابطة بين آلة التحميل والنقل ، لكل منها مجال تطبيق مريح جيداً اقتصادياً. عندما يُعرف أن التحميل والنقل يمثلان ما بين 40% إلى 60% من التكلفة التقنية للاستخراج ، يتم قياس أهمية إجراء دراسة مفصلة لهذين البندين. لهذا السبب ، كان من المفضل في هذا العرض التقديمي تركيز عرضه على معدات ومعدات التحميل والنقل المستخدمة في المناجم والمحاجر تحت الأرض. بعد مراجعة حركيات كل آلة ، سنقوم بدراسة إنتاجيتها وظروف الاستخدام المثلى لها. أخيراً ، في هذه الدراسة ، سنحلل معلمات التحميل والنقل ، ونعد معدات التحميل ومعدات النقل ومجموعات التروس الأكثر شيوعاً عن طريق قصرنا على الحلول البسيطة الأكثر فعالية عموماً في هذا المجال. محجر تحت الارض. الكلمات الرئيسية: الألغام ، تحت الأرض ، المعدات ، التحميل ، النقل ، الآلات





## DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail*

*À ma très chère mère qui m'apporte toujours son amour affectif.*

*À mon très cher père qui me prodigue toujours des conseils de  
Grandes valeurs.*

*À mon encadreur dans la mine boukhadra: mkaħliaabdkader, lassoudfarouk,  
bouchagrouch*

*À toute ma grande famille.*

*À tous mes amis.*

*Je le dédie aussi à tous les étudiants de l'école nationale supérieur  
des mines et métallurgie -Annaba-*

SAIFEDDINE

## **Sommaire :**

Introduction générale.....	I
Introduction.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1. Présentation de la mine de Boukhadra.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.1. Localisation géographique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.2. Historique des travaux de recherche et d'exploitation..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.2. Géologie régionale de Boukhadra .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.3. description géomorphologique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.3.1.Composition minéralogiques.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a)- L'hématite (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b)- La goethite (FeOOH).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
c)- La limonite .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
d)- La sidérite (FeCO <sub>3</sub> ).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.3.3. Catégorie et estimation des réserves .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.2.4. Minéralisation.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.2.4.1. Réserves géologiques et exploitables.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Conclusion .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Introduction.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1. L'exploitation de la mine de Boukhadra .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.1. L'exploitation souterraine de la mine de Boukhadra .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.1.1. Méthode d'exploitation.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
A. Facteurs de choix.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B. Principe de la méthode .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a. Conditions d'application .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b. Les avantages de la méthode .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
c. Inconvénients de la méthode .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

d . Préparation : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
e - Dépilage : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1.2. Travaux d'ouverture .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
-Préparation de galerie de roulage .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Les avantages et les inconvénients d'ouverture par galerie au jour Les avantages:...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1.3. Travaux préparatoires .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Paramètres des ouvrages .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1.4. Travaux d'abattage .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
-Avantages et inconvénients de type d'abattage par trous profond	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1.7. Régime du travail en souterrain .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II –5- Conclusion .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1 introduction.....	16
III.1. Généralité de chargerement.....	16
III.2. Généralité de transport .....	16
III.3. méthode de calcul les paramètre du transport par camion .....	17
III.4. but de travail de la partie spéciale.....	18
III.5.les paramètre de calcul .....	19
III.5.1. choix des camions .....	19
III.5.2. calcul de rendement du camion.....	19
III.5.3. calcul les nombres des camions .....	20
III.5.4. calcul de la durée de parcours .....	20
III.5.5.calcul de la durée de chargement de camion .....	20
III.5.6.la durée de chargement d un camion par les roches légères.....	20
III.5.6.la durée de chargement d'un camion par les roches lourdes .....	21

III.5.8-La durée de parcours du camion.....	21
III.5.9- Le nombre total des camions pour tous les engins de chargement.....	21
III.5.10-Calcul du nombre de camions (total).....	21
III.5.11-Calcul du nombre de godets pour le chargement du camion.....	21
III.5.12-Caractéristiques des pistes.....	21
III.5.13-La largeur de la chaussée.....	22
III.5.14-La capacité de circulation.....	22
III.5.15-La capacité de circulation des charges des routes.....	22
III.5.16-Calcul du nombre de godet dans une benne d'après le volume.....	22
III.5.17-Calcul du nombre de godet d'après la capacité de Charge de Camion.....	23
III.5.18-Calcul de la capacité de charge réelle du camion.....	23
III.5.19-Calcul de la masse total du camion chargé.....	23
III.5.20-Calcul des coefficients d'utilisation de la capacité de Charge et du volume.....	23
III.5.21-Choixdes routes.....	23
III.5.22-Calcul de l'intensité de circulation.....	24
III.5.23-Calcul du trafic journalier de la route .....	24
III.5.24-Calcul de la masse admissible du camion d'après la puissance du_moteur	24
III.5.25-Calcul de la masse du camion d'après l'adhérence.....	24

III.5.26-Calcul de la vitesse admissible du camion d'après le freinage.....	25
III.5.27-Calcul de la vitesse critique d'après le dérapage dans les virages.....	25
III.5.28-Calcul de la durée de cycle du camion.....	25
III.5.29-Calcul de la vitesse du camion sur des éléments divers du tracé.....	25
III.5.30-Durée de chargement.....	25
III.5.31-calcul d nombre du camion .....	27
III.5.33-Calcul de productivité d'exploitation de camion .....	27
III.5.34-Le parcours total des camions par poste.....	27
III.5.35-Consommation de carburant par poste .....	27
III.5.36-Consommation de huiles et graisse.....	28
III.6- calcul des paramètres du transport par camions dans la mine .....	28
III.6.1- Les caractéristiques techniques du camion Atlas copco MT 2000 .....	28
III.6.2- Chronométrage du chargement et transport dans les conditions souterraines.....	29
III.6.3-Etapes de calcul .....	32
III.7-conclusion.....	34
Conclusion générale.....	35
Bibliographique.....	36

## **Listes des figures**

### **Chapitre I**

Fig. (I.01) : Situation Géographique de la Région de Boukhadra(Tébessa).....	01
Fig. (I.02) : Colonne stratigraphique synthétique des monts de Mellègue.....	03
Fig. (I.03) : Le gisement de Boukhadra et ses différents corps minéralisés .....	04
Fig. (I.04) Diagramme de tonnage en minerais.....	06

### **Chapitre II**

Fig. (II.01) : Subdivision du gisement de Boukhadra.....	8
Fig. (II.02) : dimension du gisement de Boukhadra).....	10
Fig. (I.03) : Coupe verticale de la méthode sous-niveaux abattus (chambre en préparation).....	15

### **Chapitre III**

Fig. (III.01) : Chargeuse de la mine souterraine.....	17
Fig. (II.02) : Camion dans la mine souterraine de Boukhadra.....	18

Fig. (I.05) : Cycle de parcours du  
camion..... 19

Fig. (I.06) : Coupe longitudinale de la mine souterraine de  
Boukhadra.....20

## **Liste des tableaux**

### **Chapitre I**

Tab. (II.01) : Les caractéristiques des chariots de foration  
souterraine..... 16

### **Chapitre II**

Tab (III.01): Les caractéristiques techniques du camion Atlas Copco MT  
2000 ..... 36

### **Chapitre III.**

Tab. (III.01): Les caractéristiques techniques du camion Atlas Copco MT  
2000 ..... 32

Tab. (III.02): Chronométrage du chargement et transport dans les conditions  
souterraines..... 33

## **Introduction Générale**

le transport par camion, est largement utilisé dans la majorité des carrières du monde.

L'exploitation des carrières, de petit et moyenne productivité avec un trafic qui peut atteindre dix millions de tonnes par an et même plus. Ce type de transport est très efficace dans les mines et carrières.

La mise en exploitation doit assurer une grande vitesse d'avancement des travaux.

Cette grande efficacité du transport des minéraux utiles et roches stériles sur une distance relativement courte, la simplicité des constructions des engins de transport, la possibilité de surmonter les pentes élevées ; la simplicité d'organisation de travail caractérisant fort bien cette méthode de transport.

Le principe constructif des camions est simple : ce sont des machines destinées à transporter des personnes ou de biens d'un endroit à un autre

Dans les mines dont la colonne vertébrale est le transport, les camions ont acquis une importance économique majeure.

Cependant, l'utilisation des camions se heurte à des difficultés à la mesure de leur importance : difficultés de calcul en particulier, dues à l'extrême complexité des formes géométriques et les conditions climatiques ; difficultés de maintenance également avec les problèmes de manque des pièces de rechange.

Il est donc essentiel de bien maîtriser la conception des camions et les calculs qui s'y rapportent pour résoudre ces difficultés.

L'objectif essentiel de ce mémoire est de présenter une vue d'ensemble sur le calcul et le dimensionnement des camions. Nous insistons, en premier lieu, sur les bases méthodologiques, sans détailler leurs descriptions technologiques d'une part. Et d'autre part, nous utilisons dans nos calculs une approche globale, qui cerne assez bien le transport par camion.



Cette approche est intéressante pour les techniciens et les ingénieurs puisqu'elle conduit naturellement aux méthodes de calcul utilisées en ingénierie et aux études d'avant-projet.

De plus, nous entamons, dans un second lieu, les calculs de camion (ATLAS COPCO MT 2000) utilisées dans la mine souterraine de BOUKHADRA.

Le présent travail est représenté en 3 chapitres. Dans un premier chapitre de ce mémoire nous présentons brièvement l'entreprise lieu de stage, Dans le deuxième chapitre, présentation l'ouverture de la mine souterraine . Le troisième chapitre nous exposons une présentation de la chargeuse souterraine le transport dans les mines et le calcul des paramètres du transport par camion dans la mine souterraine . Qui clos ce mémoire se termine par une conclusion générale qui englobe et résume ce travail.

## Introduction

Dans cette partie on va citer les caractères et la situation géographique ainsi que l'historique des travaux géologiques et miniers dans la région d'étude.

### 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).

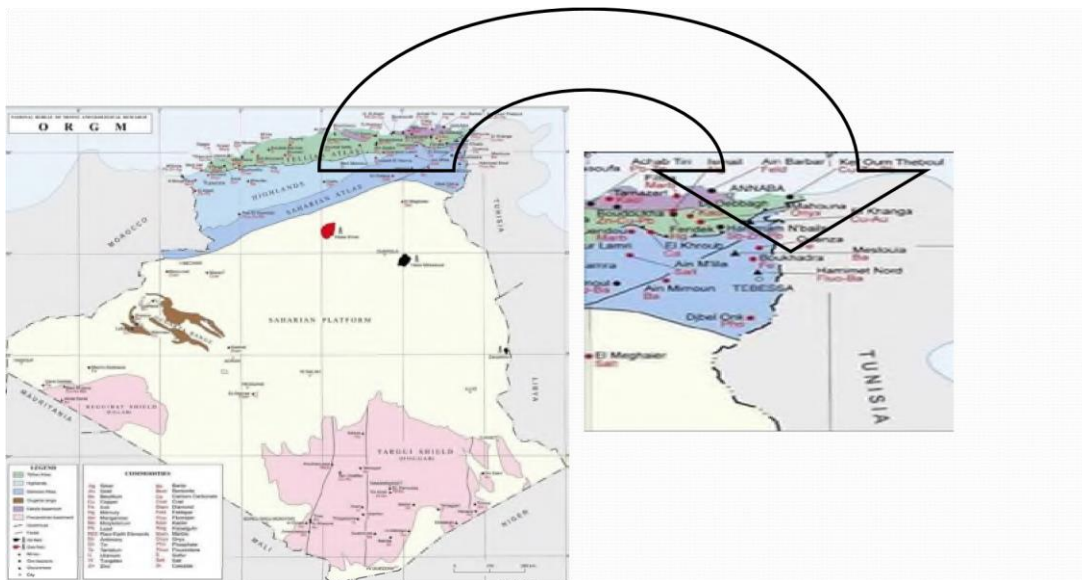


Fig. (I.01) : Situation Géographique de la Région de Boukhadra(Tébessa) [1]

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 1463 m.

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]

### **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 la coupe stratigraphique suivante, (fig. I.02):

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

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOIQUE	Quaternaire		10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Paléogène	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.	
	MÉSOZOIQUE	CROCÉRIEN	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.
			Con-Sant.		500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
			Céroman.		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.
			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.
			Apûien		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.
			Barém		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulâ).
Jurassique		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			
Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			

Fig. (I.02) : Colonne stratigraphique synthétique des monts de Mellègue [3]

### I.1.3. Localisation géographique et description géomorphologique

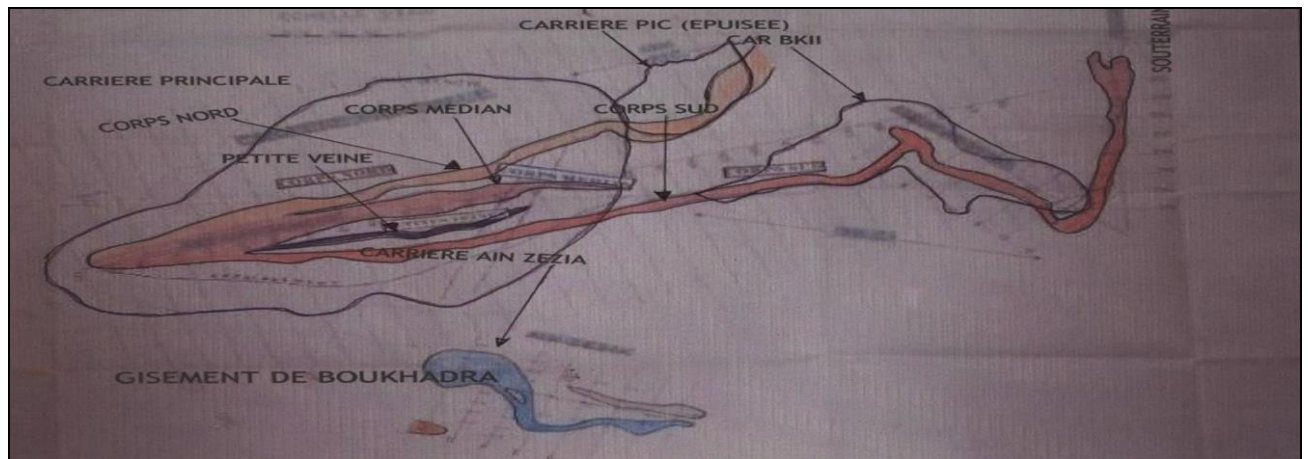
Le gisement ferrugineux de Boukhadra, appartenant au domaine de l'Atlas saharien est localisé dans le massif montagneux de Djebel Boukhadra, caractérisé par une structure anticlinale très simple de direction NE-SW avec une terminaison périclinale au NE. Le Djebel Boukhadra s'étend sur une longueur de 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 750m 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 2200 m et une épaisseur d'environ 10 à 50 m.

Le gîte principal de Boukhadra, de direction NE-SW et d'une longueur de 01 Km est représenté par de grandes et petites veines ( $e = 25$  à  $30$  m, pendage  $65^\circ$  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  $50^\circ$  à  $60^\circ$  vers l'Est et d'une épaisseur d'une dizaine de mètres 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. (I.03) :** Le gisement de Boukhadra et ses différents corps minéralisés [1]

### **I.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<sub>2</sub>O)]: 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<sub>3</sub>)** : Elle caractérise le minerai primaire sous le niveau hydrostatique.

### **I.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 31/12/2018 sont de l'ordre de **43 684 910 de Tonnes** dont 12.6 millions seront extraites par l'exploitation à ciel ouvert et 31 millions par le souterrain.

## **I.2.4. Minéralisation**

### **I.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 100 x 20 – 50 m.

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/m<sup>3</sup>, d'après les données des essais effectués durant la campagne de prospection (1989-1992).

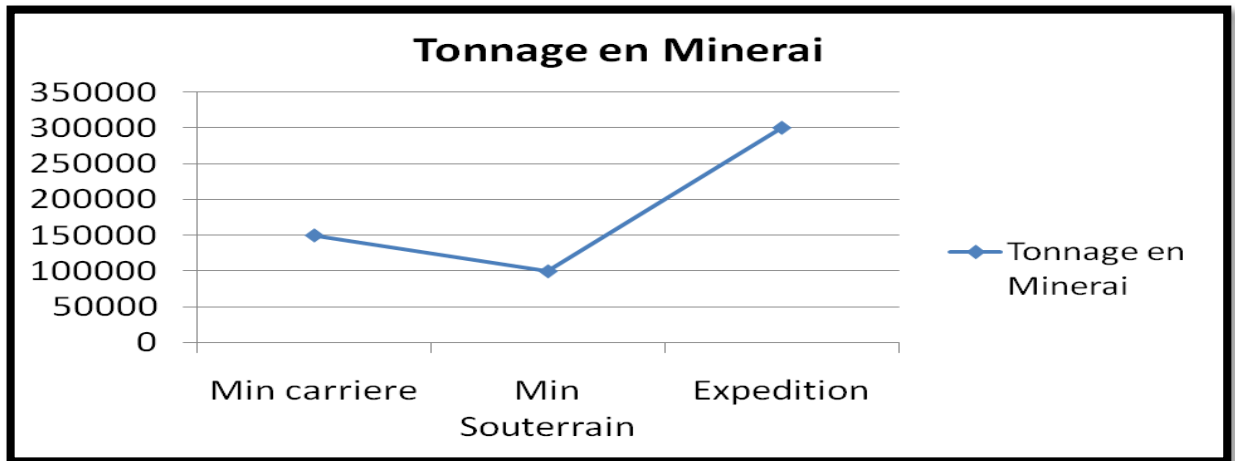
**Les résultats de calculs sont :**

- Réserves initiale au-dessus du niveau 220 m: **2 690 960 Tonnes.**
- Réserves géologiques restantes à la fin de l'année 2018 : **1 543 918 Tonnes.**

- Réserves exploitables restantes à la fin de l'année 2017 : **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]



**Fig. (I.03):** Diagramme de tonnage en minerai

## Conclusion

A cette partie on a mis le secteur dans son cadre géologique à différentes échelles ; régionale et locale.

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

Concernant la minéralisation, le minerai exploité est constitué principalement d'hématite, le constituant majeur du minerai, goethite et autres ocres limonitiques.

## **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.

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.

## **II.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 supérieure à 50% en fer.

Les quartiers sont les suivants :

1- Mine à ciel ouvert principale, subdivisée en :

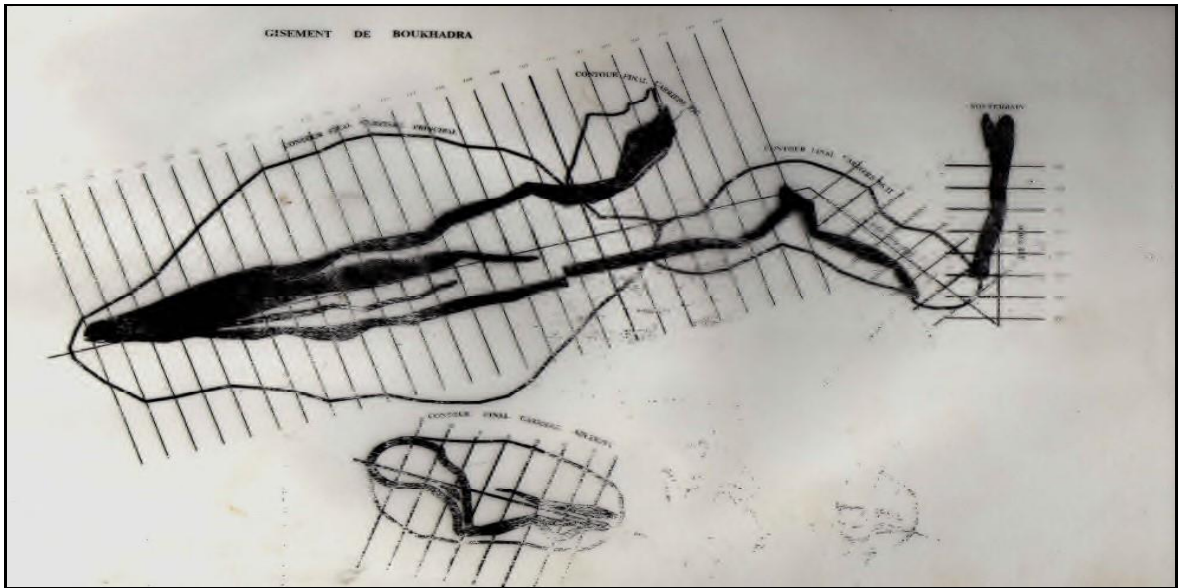
- ❖ Site amont,
- ❖ Site médian,
- ❖ Site aval.

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<sup>eme</sup> semestre de l'année en cours. [1]



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

### **II.1.1. L'exploitation souterraine de la mine de Boukhadra**

L'exploitation souterraine est un mode d'exploitation qui consiste à extraire des concentrations minérales utiles depuis une excavation creusée à une profondeur importante.

Les travaux dans une mine souterraine correspondent au creusement et création des excavations essentielles et des infrastructures spéciales, des puits, des galeries, des rampes et des descenderies, qui permet la communication de la profondeur avec la surface, pour l'airage et l'évacuation du minerai ainsi le déplacement du personnel. [24] [17]

#### **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]

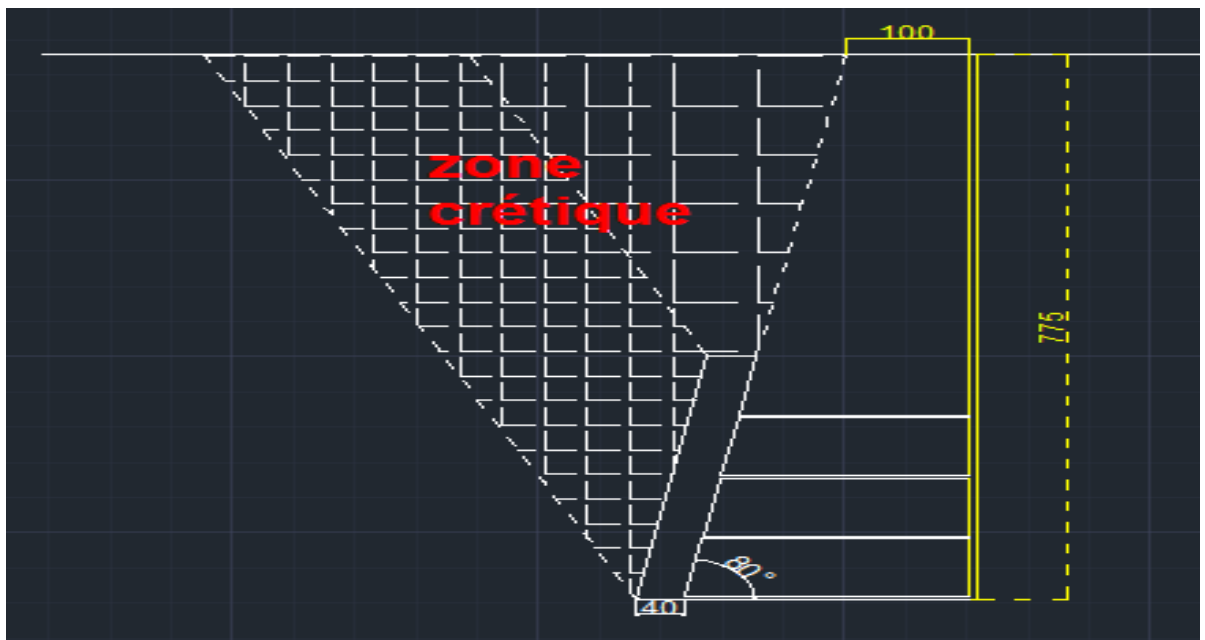
## **B.Principe de la méthode :**

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.



**Fig. (II.01) :** dimension du gisement de Boukhadra .

**a. Conditions d'application :**

- Gisement à fort pendage (**60 à 90°**)
- Minerai et épontes résistantes
- Epontes régulières
- Gisement de grande taille

### **b. Les avantages de la méthode**

- ❖ L'airage de l'étage est assuré sans difficulté ;
- ❖ L'absence du soutènement d'espaces 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.

### **c. 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]

### **d . Préparation :**

- Aménagement au bas du bloc de minerai, des points de soutirage multiples du type « entonnoir" ou bien du type "recoupe" et des galeries d'accès à ces dispositifs de Soutirage.

- Sous-cavage du bloc : enlèvement d'une tranche de minerai sur toute l'étendue de la Base du bloc.

- Creusement à une extrémité du bloc de deux montages en général parallèles sur toute la hauteur du bloc. L'un des montages est utilisé pour l'entrée d'air,

La circulation du personnel, le transport des matériels et l'autre servira à l'évacuation du minerai qui proviendrait des excavations des sous-niveaux. Il arrive qu'on creuse un seul

montage au lieu de deux, de dimension suffisante pour qu'il puisse être divisé en deux ou trois compartiments.

- Creusement à partir des montages et à des élévations régulières d'une ou deux galeries par sous-niveaux sur toute la longueur du bloc. Ces galeries sont destinées à loger les foreuses qui vont permettre de réaliser les trous profonds.
- Percement d'une cheminée de dégagement de bas en haut du bloc et disposée à l'extrémité opposé des montages précédents. Cette cheminée servira à l'amorce du dépilage du bloc.

#### **e - Dépilage :**

Le dépilage dans le bloc s'effectue de sous-niveau en sous-niveau en commençant par le bas et en progressant vers le haut. Mais souvent pour éviter de sous-caver les sous-niveaux supérieurs, les sous-niveaux sont abattus suivant l'ordre descendant. Dans certains cas, l'ensemble des sous-niveaux progressent à la fois et le front de la chambre est vertical.

A chaque sous-niveau, on part de la cheminée de dégagement vers la cheminée de service protégée. Le dépilage comprend les opérations suivantes :

- Percement par des marteaux perforateurs à partir de chaque sous-niveau des trous profonds (**51 à 64 mm** de diamètre et jusqu'à **25 m** de profondeur) dans le minerai.
- Chargement d'explosifs et tir

#### II.1.1.2. Travaux d'ouverture

Les travaux de développement d'une mine consistent à creuser les ouvrages ou des galeries au jour qui composent l'ossature de la mine. L'ossature est l'ensemble des ouvrages principaux qui permettent d'accéder aux différentes parties du gisement.

Les principales composantes sont :

- L'entrée principale comme les galeries de roulage et de circulation ; les galeries d'airage et les recoupes
- Les ouvrages secondaires comme les cheminées et les montages ; les niches

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 m<sup>2</sup>** ; 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.

**-Préparation de galerie de roulage :** la préparation d'une galerie de roulage dans le souterrain de Boukhadra fait à l'aide de marteau perforateur manuelle, la galerie est de section de 12 m<sup>2</sup> a largeur de 4m et hauteur de 3m avec des trous de mine de longueur de **1.6 m** et diamètre de 33mm le nombre de trous pour la section est **25 trous** le type d'explosifs utilise est le **gilanite** ou le **TMEX** de diamètre 30mm, l'autre méthode de forage avec jumbo pour les trous de développement cet engin est indispensable dans une mine; il est utilisé pour tous les travaux de creusement en massif rocheux .Il comporte des perforatrices hydrauliques ou pneumatique montées sur un ou deux bras orientables. Grâce à cet engin, un opérateur travaillant seul peut forer **60 trous** de mine de **4 m** de profondeur et de diamètre de **50mm** en quelques heures dans ce cas le type d'explosifs utilise est la marmanite diamètre 50mm .

### **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]

### II.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.

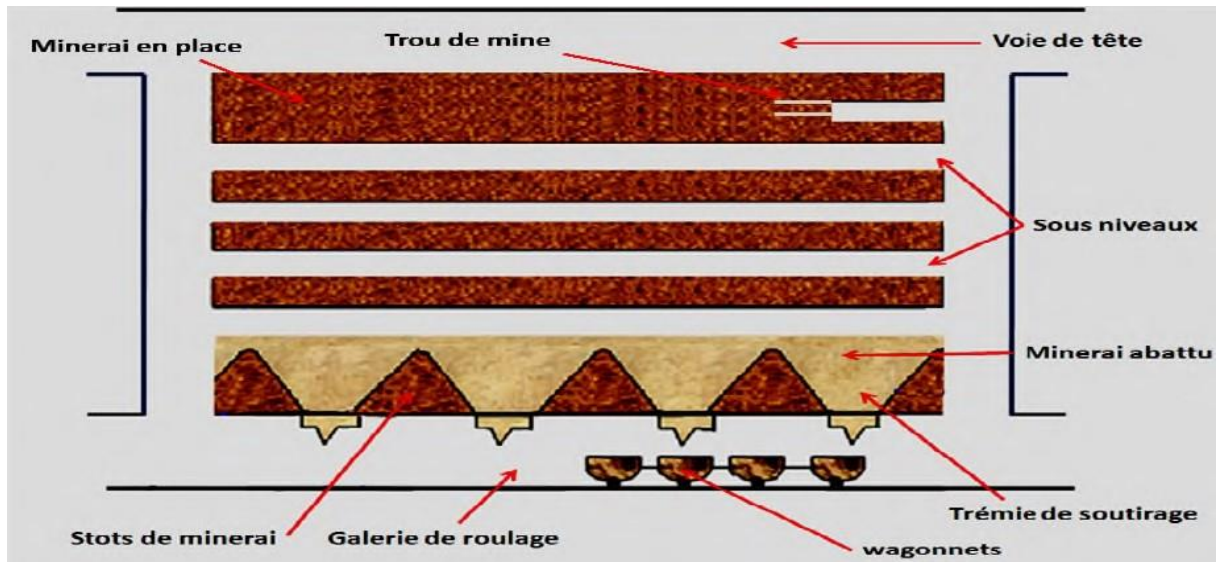
Le creusement simultané de plusieurs galeries à différents sous-niveaux implique une utilisation optimale du matériel. [13]

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<sup>2</sup>**.

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. (II.02) :** Coupe verticale de la méthode sous-niveaux abattus (chambre en préparation) [13]

□ □ **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.

#### II.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.

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

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

## □ □ 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]

### II.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]

## II -5- CONCLUSION :

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 ne partir de points de soutirage. Les travailleurs ne sont donc pas exposés aux chutes de blocs.

### **III - Chargement et Transport**

#### **Introduction**

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.

Après il sera transporté à l'aide des camions à l'aide des camions jusqu'à la zone de préparation mécanique.

#### **III.1-Genéralité de chargement :**

La chargeuse est un engin à usages multiples, utilisé notamment pour l'évacuation du minerai et la manutention des matériaux. Elle existe en diverses dimensions, de sorte que les mineurs peuvent choisir le modèle le plus approprié à la situation ou à la tâche à exécuter. Contrairement aux autres engins à moteur diesel utilisés dans la mine, la chargeuse fonctionne le plus souvent à plein régime durant de longues périodes, et cela sans interruption. C'est ainsi qu'elle produit des quantités importantes de fumées et de gaz d'échappement. Le système d'aéragé doit être capable de diluer et d'extraire ces polluants, de manière à satisfaire aux normes de qualité de l'air dans les aires de chargement.



**Figure III.1 : Chargeuse ST1030**

### **III-2 Généralité de transport :**

Le transport c'est le déplacement de personnes ou de bien d'un endroit à un autre, les transports modernes constituent un système chaque sous – système (selon le mode de transport) est constitué d'une infrastructure (linéaire pour le transport terrestres, ponctuelle pour le transport maritimes et aériens), le véhicules ou de flux continus.

Ce chapitre est une généralité sur les moyens de transport dans les mines.



**Figure III-2 : Camion dans la mine souterraine**

### **III.3 méthode de calcul des paramètres du transport par camion :**

#### **III.3.1 -introduction :**

Le transport par camion est le plus répandu dans les mines contemporaines. Il est rationnel de l'appliquer lors de l'exploitation des gisements compliqués, de la construction et de l'approfondissement des mines, et l'exploitation sélective.

Les caractéristiques de cette méthode de transport sont :

- La grande efficacité du transport des minéraux utiles et roches stériles sur la distance relativement courte.
- La simplicité de construction des engins de transport.
- La manœuvrabilité.
- La possibilité de surmonter la pente élevée.
- La simplicité d'organisation de travail.

#### III.4-but de travail de la partie spéciale :

Le but de ce travail, est d'analyser le choix de l'utilisation d'un camion de type **ATLASCOPCO MT2000** Par un nouveau trajet (station de chargement, plateforme de réception) environ l'ordre de travail (le calcul) comprend les parties suivantes :

- Choix des camions.
- Calcul de la durée d'un cycle de camion.
- Nombre de camion.
- Performances techniques du camion.
- Analyse des résultats obtenus du calcul

Le présent chapitre est une présentation de la méthode de calcul du transport par camion.

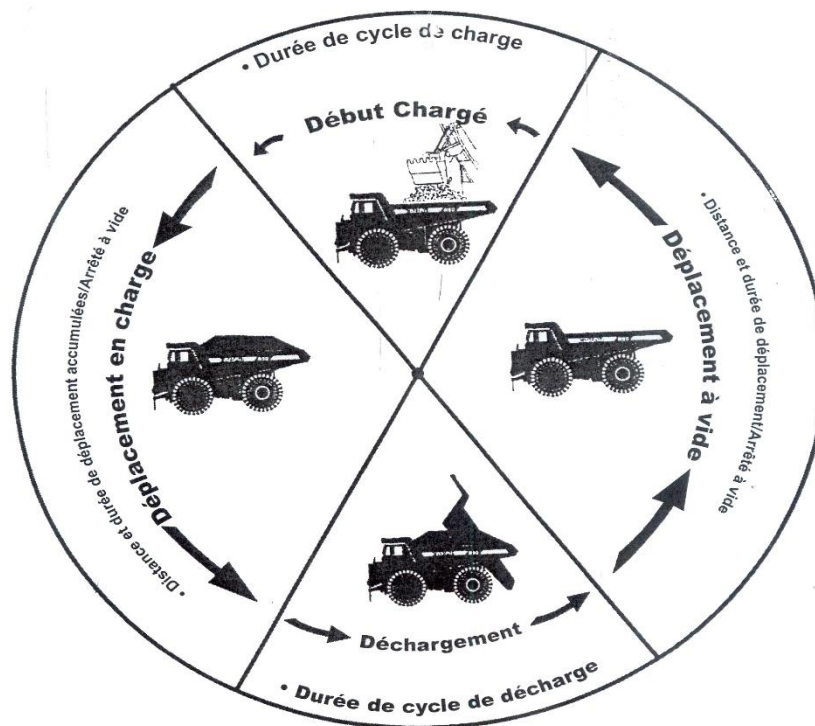


Figure III-1 : Cycle de parcours du camion

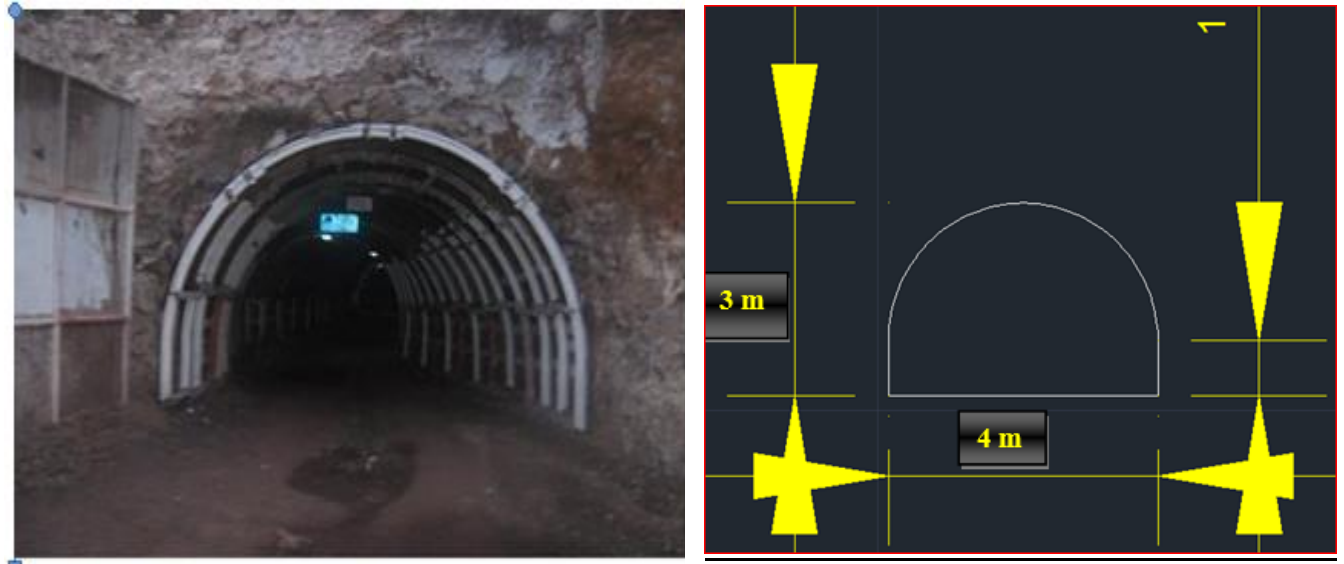


Figure III-2 : Coupe longitudinale de la mine souterraine de Boukhadra

### III.5-parametres du calcul:

#### III.5.1-choix des camions:

Le choix dépend de:

- Productivité
- Caractéristique de la charge
- Distance de transport
- Type de chargeuse

#### III-5-2-Calcul du rendement des camions:

- Le rendement du camion par poste est déterminé par :

$$R_c = \frac{60 \times m \times K_g \times T_p \times K_u}{T_{par}} \text{ (t / poste)} \quad (1)$$

Tels que:

$K_g$  : coefficient d'utilisation de la capacité de charge du camion,

$T_p$ : durée d'un poste (heures);

$m$  : capacité de la charge du camion (tonne);

$K_u$  : coefficient d'utilisation du camion durant le poste;

$t_{par}$ : durée d'un parcours ( min).

### III-5-3- Calcul du nombre des camions:

- Pour servir un seul engin de chargement:

$$N_c = \frac{T_{par}}{T_{ch}} \quad (2)$$

Tels que:

$t_{par}$ : durée de parcours d'un camion ( min);

$t_{ch}$  : durée de chargement d'un camion ( min);

### III.5.4-Calcul de la durée de parcours:

$$t_{par} = t_{ch} + t_d + t_{tch} + t_{tv} + t_m \text{ ( min )}; \quad (3)$$

Tels que:

$t_{tch}$ : durée de trajet en charge ( min);

$t_{tv}$ : durée de trajet à vide ( min);

$t_d$ : durée de déchargement (min);

$t_m$ : durée de manoeuvres ( min);



### III.5.5- Calcul de la durée de chargement d'un camion:

$$t_{ch} = n_g \times t_{cy} \quad (\text{min}) \quad (4)$$

Tels que:

$n_g$ : nombre de godet déversés dans la benne du camion;

$t_{cy}$  : durée de cycle de l'engin de chargement ( min);

### III.5.6-La durée de chargement d'un camion par les roches légères

$$t_{ch} = \frac{V_b \times K_{ch}}{0.9 \times E \times K_r} \times t_{cy} \quad (\text{min}) \quad (5)$$

Tels que:

$V_b$  : Volume de la benne du camion ( m<sup>3</sup>);

$K_{ch}$  : coefficient de chargement de la benne avec chapeau ( $K_{ch}= 1,1 -1,15$ ) ;

$E$  : capacité du godet de l'engin de chargement (m<sup>3</sup>);

$K_r$ : coefficient de remplissage du godet de la chargeuse;

### III.5.7-La durée de chargement d'un camion par les roches lourdes

$$t_{ch} = \frac{G_c \times K_f}{0.9 \times E \times K_r \times \rho_p} \times t_{cy} \quad (\text{min}) \quad (6)$$

Tels que:

$K_f$ : coefficient de foisonnement dans le godet de l'engin de chargement;

0,9 : coefficient de la variation de  $K_f$  dans la benne du camion;

$t_{cy}$ : durée de cycle de l'engin de chargement (min);

$m$ : capacité de charge du camion (t);

### III.5.8-La durée de parcours du camion:

$$T_{\text{par}} = t_{\text{pch}} + t_{\text{pv}} ; (\text{min}) \quad (7)$$

Tels que:

$t_{\text{pch}}$  ,  $t_{\text{pv}}$  : durée du trajet en charge et à vide ; (min)

### III.5.9- Le nombre total des camions pour tous les engins de chargement :

$$N_c = \sum_{i=1}^n N_i \quad (8)$$

n : nombre d'engins de chargement utilisés dans une mine

Où bien le nombre de camions est égal:

$$N_c = \frac{K_i \times W_c}{R_c \times N_p} ; \quad (9)$$

Tels que:

$K_i$ : coefficient d'irrégularité du travail de la mine ( $K_i=1,1 \div 1,15$ );

$W_c$  : trafic de la mine par jour ( t);

$N_p$ : nombre de poste par jour;

$R_c$ : rendement effectif du camion (T/P);

### III.5.10-Calcul du nombre de camions (total):

$$N_{c,t} = \frac{N_c}{(0,7 \text{ à } 0,8)} ; \quad (10)$$

### III.5.11-Calcul du nombre de godets pour le chargement du camion:

$$N_g = \frac{G_c \times K_f}{E \times K_r \times \rho_p} ; \quad (11)$$

- La vitesse en charge est égale à  $V_1 = 1/3. V \text{ max}$

- La vitesse à vide est égale à  $V_1 = 1/2. V \text{ max}$

### **III.5.12-Caractéristiques des pistes:**

L'efficacité du travail du transport par camion en mine se détermine par l'état des pistes; d'après les conditions d'exploitation, les pistes se divisent en:

- Pistes stationnaires;

- Pistes provisoires;

### **III.5.13-La largeur de la chaussée:**

La largeur de la chaussée des routes dépend des gabarits de moyens de transport, de la vitesse de circulation, de nombre de voies de circulation, et peut être déterminée par :

• Circulation à une seule voie :  $B = a + 2.c; (m)$ . **(12)**

• Circulation à deux sens :  $B = 2( a + c ) + x ; (m)$  . **(13)**

Tels que:

a : Largeur de la benne du camion ( m);

x : Distance entre les camions;(x=2c) ; (m) ;

c : Largeur de la bande de sécurité ( m);  $c = 0,5+0,005.v$

Telle que:

v : Vitesse de circulation du camion (km/h).

### **III.5.14-La capacité de circulation:**

La capacité de circulation des routes est le nombre maximal de camions qui circulent dans un tronçon de la route dans une unité de temps:

$$N = \frac{60}{t_i} = \frac{1000 \times V}{K_{ir} \times L_s} \quad (\text{camion/h}) \quad (14)$$

$t_i$ : Intervalle de temps entre les camions (min);

V: La vitesse du camion (km/h);

$L_s$ : Distance de sécurité entre les camions voisins (m);

Telle que:  $L_s = 0,04 V^2 + V + 6$  ; (m)

$K_{ir}$ : Coefficient d'irrégularité de trafic (0,5 à 0,8);

### III.5.15-La capacité de circulation des charges des routes:

$$Vr = \frac{N \times G}{f} ; (t / h). \quad (15)$$

f: Coefficient de réserve (1,75 ÷ 2,0)

### III.5.16-Calcul du nombre de godet dans une benne d'après le volume:

$$n_{gv} = \frac{K_1 \times V_b}{V_g \times K_{rg}} \quad (16)$$

### III.5.17-Calcul du nombre de godet d'après la capacité de Charge de Camion:

$$n_{gc} = \frac{m_{nom} \times K_f}{V_g \times K_{rg} \times \rho_p} \quad (17)$$

Tels que:

$K_i$  : Coefficient de chargement de la benne ( $K_i=1,0 \div 1,25$ );

$V_b$  : Volume géométrique de la benne ( $m^3$ )

$V_g$  : Volume du godet ( $m^3$ );

$K_{rg}$ : Coefficient du remplissage du godet ( $K_{rg}= 0,8$ );

$K_f$ : Coefficient de foisonnement des roches ( $K_f = 1,7 \div 1,9$ );

$m_{\text{norm}}$  : Capacité de charge nominal du camion (t);

$\rho_p$ : Densité en place des roches (Cas Boukhadra  $\rho_p = 2,7 \text{ t/m}^3$ );

$$n_g = (n_{gc} + n_{gv}) / 2.$$

### III.5.18-Calcul de la capacité de charge réelle du camion:

$$m = \frac{n_g \times V_g \times K_{rg} \times \rho_p}{K_f} \quad (\text{t}); \quad (18)$$

### III.5.19-Calcul de la masse total du camion chargé:

$$m_c = m + m_0; \quad (\text{t}) \quad (19)$$

### III.5.20-Calcul des coefficients d'utilisation de la capacité de Charge et du volume:

$$K_{uch} = \frac{n_g}{n_{gc}}; \quad K_{uv} = \frac{n_g}{n_{gv}}; \quad (20)$$

$K_{uv}$  : D'après le volume

$K_{uch}$ : D'après la charge

### III.5.21-Choix des routes:

Parmi les routes on distingue:

- Les routes fixées avec revêtement sur la surface de la mine et dans les tranchées principales.

- Provisoires dans les tailles et les stériles.

### III.5.22-Calcul de l'intensité de circulation:

$$I_c = \frac{Q_r}{m \times t_p \times K_u}; \quad (\text{camion} / \text{h}) \quad (21)$$

$K_u$  : Coefficient d'utilisation du temps de poste ( $K_u = 0,7 \div 0,9$ );

$Q_r$ : Trafic de la route pendant un poste ( t/p);

$m$  : Capacité de charge du camion (t);

$t_p$ : Durée de poste ( h)

### III.5.23-Calcul du trafic journalier de la route:

$$I_c = \frac{Q_r \times n_p}{L}; (t / km) \quad (22)$$

Tels que:

$L$  : Longueur de la route

$n_p$  : Nombre de poste par jour

### III.5.24-Calcul de la masse admissible du camion d'après la puissance du moteur:

Elle est déterminée d'après la condition du mouvement stationnaire camion dans la tranchée d'accès sur la montée directrice (rapport inférieur de transmission.

$$m_{cp} = \frac{F_t}{W \times i_d}; (t) \quad (23)$$

Tels que:

$F_t$  : Force de traction déterminée de la caractéristique dynamique du camion, ou de formule de la puissance à vitesse minimale (10 - 20 Km/h).

$W$  : Résistance spécifique au mouvement

$i_d$ : Montée directrice.

### III.5.25-Calcul de la masse du camion d'après l'adhérence:

Elle est calculée d'après la condition de démarrage du camion sur la montée, directrice dans la tranchée d'accès.

$$m_{ca} = \frac{1000 \times m_a \times \psi}{W + i_d + 108 \times a_{\min}} ; (t) \quad (24)$$

Tels que:

$m_a$ : Masse d'adhérence du camion (t);

$m_t$ : La masse totale du camion charge (t);

$\Psi$ : Coefficient d'adhérence tableau (4,6) ;( $\psi=0,3 \div 0,5$ )

$a_{\min}$ : Accélération au démarrage (0,5 à 1,0);

### III.5.26-Calcul de la vitesse admissible du camion d'après le freinage:

$$V_{ad} = \sqrt{2 \times l_a \times a_f + (a_f \cdot t_p)^2} - a_f \times t_p ; (m/s) \quad (25)$$

Telle que :

$a_f$  : Décélération de freinage:

$$a_f = \frac{1000 \times \psi \pm i}{108} ; (m/s^2)$$

$l_a$  : Distance d'arrêt

$$l_a = l_{vis} + 10 ; (m)$$

Pour les montée (+) et pour a descente (-).

### III.5.27-Calcul de la vitesse critique d'après le dérapage dans les virages:

$$v_{cr} = \sqrt{g \times R \times (\psi_d + i_t)} ; (m/s) \quad (26)$$

Tels que:

$g$ : Accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ ).

$R$  : Rayon de virage (m)

$\psi$  : Coefficient d'adhérence transversale ( $0,3 \div 0,5$ ).

$i_t$ : Transversale de la route dans le virage ( $0,02 \hat{a} 0,06$ ).

### III.5.28-Calcul de la durée de cycle du camion :

$$T = 60 \times \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{K_v \times V_{ch}} + 60 \times \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{K_v \times V_v} + \theta; (\text{min}). \quad (27)$$

Tels que:

$L_i$ : Longueur de  $i$ -ième élément du tracé (km)

$V_{ch}, V_v$  : Vitesse technique sur des éléments divers du tracé au sens chargé

Et à vide

$k_v$ : Coefficient de vitesse qui tient de diminution de la vitesse due aux

Causes différents ( $k_v=0,75 \div 0,9$ ).

$\theta$  : Durée des opérations aux points de chargement et déchargement:

$$\theta = t_{ch} + t_{dch} + t_m + t_{att}; (\text{min}) \quad (28)$$

Tels que :

$t_{ch}$ : Durées de chargement;(min)

$t_{dch}$ : Durées de déchargement ;(min)

$t_m$ : Durées de manœuvres; (min)



$t_{att}$ : Durées d'attentes;(min)

### III.5.29-Calcul de la vitesse du camion sur des éléments divers du tracé:

$$V = \frac{270 \times N_{nom} \times \eta_{tr}}{m_t \times (W + i)} ; (km/h) \quad (29)$$

Tels que:

$N_{nom}$  : Puissance nominale du moteur; (ch) ;

$m_t$  : Masse du camion; (t) ;

$W$  : Résistance spécifique au mouvement; (daN/t) ;

$i$ : Pente d'un élément du tracé; ( $^{\circ}/_{00}$ ) ;

$\eta_{tr}$ : Rendement de transmission.

### III.5.30-Durée de chargement:

$$t_{ch} = \frac{n_g \times t_c}{60} ; (\text{min}). \quad (30)$$

Tels que:

$n_g$ : Nombre de godet nécessaires pour charger une benne ;

$t_c$  : Durée d'un cycle de travail de la chargeuse (s).

### III.5.31-calcul du nombre du camion :

Le nombre du camion pour le i-ème point de chargement est égal:

$$n_i = \frac{Q_{pi} \times K \times T_i}{60 \times m \times T_p \times k_u} \quad (31)$$

Tels que:

$Q_{pi}$  : Productivité du i-ieme point de chargement (**t/p**) ;

$K$  : (1,1 à 1,2) coefficient d'irrégularité du travail de l'excavateur;

$T_i$  : Duré c cycle du camion sur cet itinéraire (**min**) ;

$m$  : Capacité de charge réelle du camion (**t**) ;

$t_p$  : Durée de poste de travail (**h**);

$k_u$  : Coefficient d'utilisation du temps ( $k_u= 0,7 \div 0,9$ ) ;

### III.5.32-Le nombre total des camions:

$$nt = K \times n ; \quad \text{où : } K = (1,2 \div 1,4) ; \text{ coefficient de réserve.}$$

### III.5.33-Calcul du productivité d'exploitation de camion :

$$Q_p = m_{nom} \times K_{uc} \times \frac{60 \times T_p \times K_u}{T_{cy}} ; (t / p) \quad (32)$$

### III.5.34-Le parcours total des camions par poste :

$$L_t = Q_p \times \frac{(L_{mch} + L_{mv})}{m} ; (km) \quad (33)$$

Tels que :

$Q_p$  : Productivité de la mine par poste ;

$L_{mch}, L_{mv}$  : Distances moyennes (chargée et vide) (**km**) ;

$m$  : Capacité de la charge du camion (**t**)

### III.5.35 -Consommation de carburant par poste

$$A_{car}=0,1 \times L_{tot} \times A \times y_{man} \times y_{grai} \times y_{hiver} \quad (l / poste) \quad (34)$$

**A** : Consommation de carburant par heure, (l/h) ;

**y<sub>man</sub>** : Consommation de carburant pendant le manœuvre  $y_{man} = 1,1$ ;

**y<sub>grai</sub>** : Consommation de carburant pendant le graissage  $y_{grai} = 1,07$ ;

**y<sub>hiver</sub>** : Consommation de carburant pendant hiver,  $y_{hiver} = 1.1$  ;

### III.5.36 - Consommation des huiles et graisse

$$B_{gh} = A_{car} \times K_{cosm} \quad (35)$$

**K<sub>cosm</sub>**: coefficient de consommation (d'après l'expérience  $K_{cosm} = 0.04$ )

### III.6 - calcul des paramètres du transport par camions dans la mine :

Au niveau de la mine souterraine de BOUKHADRA nous exposons dans le présent chapitre le calcul du processus de transport par camion, d'après les formules précédentes.

Dans la mine souterraine il existe un seul type de camions de même caractéristiques :

- **Atlas Copco MT 2000**

Pour le calcul de ce mode de transport nous avons réalisé l'opération de chronométrage du camion afin de déterminer réellement les paramètres du camion dans la mine.

#### III.6.1- Les caractéristiques techniques du camion Atlas copco MT 2000 :

Indices	Valeurs
<b>Poids à vide</b>	<b>19,274 (t)</b>
<b>Charge utile</b>	<b>20 (t)</b>
<b>Capacité de la benne (m<sup>3</sup>)</b>	<b>6.9 (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Puissance du moteur</b>	<b>250 (ch)</b>
<b>Vitesse maximale</b>	<b>25.4 (km/h)</b>

<b>Rayon de virage</b>	<b>6,063 (m)</b>
<b>Largeur</b>	<b>2.210 (m)</b>
<b>Longueur</b>	<b>8,940 (m)</b>
<b>Hauteur</b>	<b>2.424 (m)</b>
<b>Moteur</b>	<b>Diesel</b>

Tableau V-1

### III.6.2- Chronométrage du chargement et transport dans les conditions souterraines

	<b>Tch</b>	<b>Tdch</b>	<b>Tm</b>	<b>Tatt</b>	<b>Ttch</b>	<b>ttv</b>
<b>1</b>	<b>4,60</b>	<b>0,50</b>	<b>1,60</b>	<b>0</b>	<b>5,10</b>	<b>4,50</b>
<b>2</b>	<b>4,85</b>	<b>0,55</b>	<b>1,45</b>	<b>0</b>	<b>5,05</b>	<b>4,45</b>
<b>3</b>	<b>4,90</b>	<b>0,45</b>	<b>1,55</b>	<b>0</b>	<b>4,95</b>	<b>4,65</b>
<b>4</b>	<b>4,75</b>	<b>0,50</b>	<b>1,40</b>	<b>0</b>	<b>5,05</b>	<b>4,40</b>
<b>5</b>	<b>4,95</b>	<b>0,50</b>	<b>1,45</b>	<b>0</b>	<b>5,00</b>	<b>4,45</b>
<b>6</b>	<b>4,85</b>	<b>0,55</b>	<b>1,55</b>	<b>0</b>	<b>4,90</b>	<b>4,60</b>
<b>7</b>	<b>4,70</b>	<b>0,45</b>	<b>1,50</b>	<b>0</b>	<b>5,05</b>	<b>4,50</b>
<b>8</b>	<b>4,75</b>	<b>0,50</b>	<b>1,55</b>	<b>0</b>	<b>5,00</b>	<b>4,45</b>
<b>9</b>	<b>4,85</b>	<b>0,55</b>	<b>1,45</b>	<b>0</b>	<b>4,95</b>	<b>4,60</b>
<b>10</b>	<b>4,80</b>	<b>0,45</b>	<b>1,50</b>	<b>0</b>	<b>4,95</b>	<b>4,40</b>

<b>Total</b>	<b>48,00</b>	<b>5,00</b>	<b>15,00</b>	<b>0</b>	<b>50,00</b>	<b>45,00</b>
<b>Moyenne</b>	<b>4,80</b>	<b>0,50</b>	<b>1,50</b>	<b>0</b>	<b>5,00</b>	<b>4,50</b>

Tableau V-2

**NB** : $T_{att}=0$  ; Parce que le nombre des camions est limité par 2 .

### III.6.3- Etapes de calcul :

Les paramètres du transport par camions dans la mine :	Etapas de calcul :
✓ Calcul du nombre de godet dans une benne d'après le volume :	2.26
✓ Calcul du nombre de godet dans une benne d'après la charge :	3.90
✓ Calcul du nombre de godet pour le chargement du camion :	3.08
✓ Calcul du coefficient d'utilisation de la capacité de la charge :	0.78
✓ Calcul du coefficient d'utilisation de la capacité du volume :	1.36
✓ Calcul de la capacité de la charge du camion :	15.80(t)
✓ Calcul de la masse total du camion chargé:	35.074(t)
Calcul de la durée de parcours du camion	16,30 (min)
✓ Calcul du nombre de voyage par poste:	18 voyage

✓ Calcul du nombre de voyage par jour:	36 voyage
✓ Calcul de la productivité d'exploitation du camion :	25,39 (km/p)
✓ Calcul de la vitesse du camion chargé:	8.4(km/h)
Calcul de la vitesse du camion vide :	9.33(km/h)
✓ Calcul de la vitesse critique d'après le dérapage dans les virages :	5,77 (m/s)
✓ Calcul du rendement du camion par poste :	284.98(t/p)
✓ Calcul du rendement par jour :	569,96 (t/jour)
✓ Calcul du rendement annuel :	145339,8 (t/an)
✓ Calcul du nombre de camions :	(3 camions)
✓ Calcul du nombre total des camions et compris les réserves :	(4 camions)
✓ Calcul du trafic de la route :	35.65(t/h)
✓ Calcul l'intensité de circulation :	≈ 3 (camion/heure)
✓ Calcul le trafic journalier de la route :	247,49 (t.km)
✓ Calcul de la largeur de la route bidirectionnel à une voie :	3,464 (m)
✓ Consommation du carburant par poste	82,18 (l / poste)

✓ <b>Consommation des huiles et graisse</b>	<b>3,28 (l / poste)</b>
---	-------------------------

### **III.7- Conclusion :**

D'après le calcul nous pouvons constater que :

- ⇒ Nombre des camions est insuffisant pour servir la production planifiée.
- ⇒ Il faut aménager et exploiter les zones d'évitement (intersections, baies de sécurité, cul de sac) au cours de la circulation des camions.
- ⇒ Il faut installer des capteurs pour éviter les accidents.
- ⇒ Il faut réparer la deuxième chargeuse pour garder la production active.
- ⇒ L'achat des nouveaux camions améliore le système de transport et nous prépare pour entamer d'autre projet.
- ⇒ Il faut donner une importance à la sécurité dans la mine souterraine pour travailler dans les bonnes conditions.
- ⇒ Introduire un système de communication fiable.
- ⇒ Insérer un système de surveillance audiovisuelle assisté à distance.

## **CONCLUSION GENERALE**

Les camions occupent une place de choix dans le monde minier, car il est un engin indispensable de toute la chaîne d'exploitation. C'est pourquoi le calcul des paramètres du travail du camion est une inquiétude des technologues et utilisateurs.

Après avoir exposé l'entreprise de Boukhadra, nous avons présenté la mine souterraine, ainsi que leurs variantes qui permettent de couvrir la majorité des calculs de transport et chargement.

L'exposé théorique des méthodes de calcul, nous a permis, de critiquer le choix des paramètres du camion. Ce dernier qui est inséré dans des conditions souterraines difficiles.

L'étude de travail dans le souterrain nous a permis de voir les éléments les plus critiques qui causent les accidents et le manque de sécurité des travailleurs.

On a constaté que le nombre des camions est insuffisant pour servir la production planifiée. Donc il faut acheter des nouveaux camions pour améliorer le système de transport et entamer d'autres projets.

Il faut aménager et exploiter les zones d'évitement (intersections, baies de sécurité, cul de sac) au cours de la circulation des camions.

Il faut réparer la deuxième chargeuse pour garder la production active.

Il faut donner une importance à la sécurité dans la mine souterraine pour travailler dans les bonnes conditions.

Nous envisageons, en perspectives, d'appliquer ces recommandations qui minimisent les risques pendant le travail.



### **Références bibliographiques**

- [1]. **ABD HAK**. Etude de projet final de gisement de fer mine boukhadra. Entreprise national du Fer et du phosphate. 1992.
- [2]. Plan d'exploitation de la mine de **BOUKHADRA 2015**.
- [3]. **Arcelor-Mittal** Ouenza et Boukhadra. Estimation de ressources et planification minière. Novembre 2011.
- [4]. **A. CHIBKA**. Exploitation souterrain. OPU. 1989 ;
- [5]. **L. TARASSOV**. Exploitation des mines. Mir Moscou. 1970 ;
- [6]. **K. OMRACI**. Cours les méthodes des exploitations. ENSMM.
- [7]. **K. HARMANN**, les choix des méthodes souterrain . ;
- [8]. **Dr. MKAHLLIA** : Cours les équipements souterrains , universitaire de mine tebessa.
- [9]. **M. DABOUZ**, Cours de machine des transportes par camion, TEBESSA 2016/2017;
- [10]. **M<sup>elle</sup>. OMARI F-Zahra**, Cours d'opération minier, universitaire de mine tebessa .