



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
معهد المناجم
Institut des Mines
قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا
Département Mines Et Géotechnologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie minier

Option : Exploitation

Influence des processus de la chaîne technologique d'exploitation minière
sur l'environnement minier (poussière). Carrière de Fer de Boukhadra

Par

Moussa Nadjoua. et Menas Hanan.

Devant le jury :

DERBAL Chems Eddine	Président		Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
DEBBOUZ Mokhtar	Encadreur		Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
NOUIOUA Ismail	Examineur		Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa

Année universitaire 2023/2024



Année universitaire : 2023/2024

Tébessa le :12/06/2024

Lettre de soutenabilité


Noms et prénoms des étudiants :

- 1- Menas Hanan-----
- 2-Moussa Nadjoua-----
- 3-----

Niveau : -2^{eme}Annè Master ----- Option : **Exploitation** -

Thème : **Influence des processus de la chaine technologique d'exploitation minière sur l'environnement minier (poussière). Carrière de Fer de Boukhadra** -----

Nom et prénom de l'encadreur : DEBBOUZ Mokhtar-----

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Présentation de la Région	<i>Monsieur . Debbouz . Mokhtar</i> 
Cycle d'exploitation d'une mine	
Présentation état actuel	
Les émissions de poussières	
Mise un œuvre d'un programme de lutte contre les émission de la poussière de la carrière	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة).....هو. دس. دجوج.....الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب.....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 40.2371599 و الصادرة بتاريخ 2022/7/17

المسجل بمعهد ال.ل.ل.ج.م قسم.....

و المكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

Influence des processus de la chaîne technologique d'exploitation minière sur l'environnement minier (pour la zone) minière de fer de Boukhabra.

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023/6/12

امضاء المعني (ة)



09 جوان 2024


محل رئيس المجلس
و نائبه
اعضاء السيد
صوت ادناه

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضى أدناه،

السيد (ة) متياس جتاز الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : هلال

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 407098153 و الصادرة بتاريخ 2023/9/22
المسجل بمعهد قسم التأجير والحياتولوجيا
و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

Influence des processus de la chaîne technologique
d'exploitation minière sur l'environnement minier (pauvriers) ... Casier
de fer de Boukhadra

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المتوجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية

المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023/6/12

إمضاء المعنى (ة)





9 جوان 2024

Remerciement

Tout d'abord, je remercie **DIEU** de m'avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail et la volonté d'achever mes études.

➤ Je désire remercier particulièrement, mon encadreur :

Monsieur **Debbouz Moukhtar**, docteur à l'institut des mines de l'université Larbi Tébessi –Tébessa. Pour m'avoir proposé ce sujet, de m'avoir dirigé depuis le début jusqu'à la fin de ce travail et pour m'avoir fait bénéficier de ces compétences scientifiques, sa disponibilité et surtout pour ses judicieux conseils.

➤ J'adresse aussi mes sincères reconnaissances à l'ensemble des membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont donné pour soutenir ce travail.

➤ En fin, Je n'oublierai pas tous ces personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, merci à tous....



Menas .Hanan
Moussa Nadjoua

Dédicace

Je tiens à exprimer mes plus profondes reconnaissances :

À Mon Dieu

Pour m'avoir donné la force d'éditer ce mémoire.

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont toujours
Présents dans mon Cœur :*

À mes très chères parents :

Pour leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements.

*À celui que j'aime mon frère : **ABED EL KADER***

À mes belles et adorables sœurs :

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

Et À toute ma famille.

*À ma belle copine, ma moitié: **AYA***

*À mes très chères amies que je vous rencontrés pendant mon
parcours universitaires : **SOMAIJA, FAIROU, NADA , HADJER,
NADJWA, SARA, RAYEN et KAWTHER***

À tous ceux qui sont dans mon cœur...

HANAN.

123, Str
City N
12345





Dédicace

Je tiens à exprimer mes plus profondes reconnaissances :

À Mon Dieu

Pour m'avoir donné la force d'éditer ce mémoire.

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont toujours
Présents dans mon Cœur :*

À mes très chères parents :

Pour leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements.

*À celui que j'aime mon frère : **BOUDJEMAJ***

À mes belles et adorables sœurs :

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

Et À toute ma famille.

*À mes très chères amies: **DOUHA, AICHA, HANAN, CHAIMA,
HADJER et TOUKA***

À tous ceux qui sont dans mon cœur...

NADJOVA.

123, Str

City N

12345





Sommaire

SOMMAIRE

CHAPITRE I.....	5
I.1. Situation Géographique.....	5
I.2. Historique la mine de BOUKHADRA.....	5
I.3 Géologie du gisement de Boukhadra	6
I.3.1. Trias	7
I.3.2. Le Crétacé	7
I.3.2.1. L’Aptien :.....	8
I.3.2.2. L’Albien. :	8
I.3.2.3. Vraconien :	8
I.3.2.4. Le Cénomaniens :.....	8
I.3.2.5. Turonien :.....	8
I.3.2.6. Coniacien :.....	8
I.3.3. Le Tertiaire :.....	8
I.3.4. Le Quaternaire	9
I.4. Géomorphologie	11
I.5 .Hydrogéologie et Hydrologie.....	11
I.6 .Climatologie.....	11
CHAPITRE II.....	13
II.1. L’exploitation de la mine de Boukhadra.....	13
II.1.1. L’exploitation à ciel ouvert de la mine de Boukhadra.....	13
II.1.1.1.Déroulement des travaux d’exploitation à ciel ouvert	13
II.1.1.2.Travaux d’ouverture	14
II.1.1.3.Travaux d’abattage	16
II.1.1.4.Travaux de chargement et de transport.....	18
II.1.1.5. Régime de travail à ciel ouvert	20
II.1.3.Destination du minerai de Boukhadra	20
II .2.L’exploitation souterraine de la mine de Boukhadra	20
I.2.2 Les Modes d’ouvertures souterraines	23
II.2.3 Le mode d’ouverture de gisement de Boukhadra (mine souterraine).	23
II.2.4.Travaux préparatoires.....	24
II.2.5.Les méthodes d’exploitation appliquent au niveau souterrain	24
II.2.5.1. Méthodes par sous niveaux abattus applique au niveau de Boukhadra.....	25

II.2.5.2. Les avantages et les inconvénients de la méthode par sous niveau abattus :	25
II. 2.5.3. Description de la méthode d'exploitation appliquée (sous niveau abattu)	27
II.2.6. L'abattage au niveau de la mine de Boukhadra.....	27
II.2.6.1 Les équipements de foration dans la mine de Boukhadra.....	28
II.2.6.2 Plan de tir	29
II.2.7. Travaux de chargement et de transport.....	30
II.2.8. Régime du travail en souterrain.....	31
II.3. L'impact de l'exploitation minière à ciel ouvert sur l'environnement	31
II.3.1- impact sur le milieu physique	32
II.3.1.1- émissions atmosphérique	32
II.3.1.2- Impact sur le sol et le paysage.....	33
II.3.1.3- Déchets solide	34
II.3.1.4- Effluents liquides.....	34
II.3.2- Impact sur le milieu naturel	34
II.3.2.1- La faune et la flore	34
II.3.2.2- Hydrologie	35
II.3.2.3- Hydrogéologie.....	35
II.3.2.4- Impact de drainage minier acide (DMA)	35
II.3.3- Impact sur le milieu humain.....	35
II.3.3.1- nuisances sonores	35
II.3.3.2- Nuisances vibratoires.....	36
CHAPITRE III	38
III.1. : Situation actuelle et perspectives de développement du secteur minier en Algérie :	38
III.1. 1: Infrastructure Géologique :	38
III.1. 2. Potentiel géologique et minier :	38
III.1. 3. La situation cadastrale :	39
III.1. 4. Situation actuelle et perspectives de développement des projets miniers :	39
III.1. 4.1. Situation actuelle :	39
III.1.5. Perspectives de développement :	40
III.2. Etude de l'Etat Initiale de la Zone d'Etude	40
III.2.1 Milieu physique.....	40

III.2.1.1Aperçu géographique.....	40
III.2.1.2 Aperçu sur l'exploitation du gisement de Boukhadra.....	41
III.2.Influence de la présence de la poussière sur l'environnement	51
III.2.1.Effets sur la santé	52
III.2.2.Effet sur la faune et la flore.....	54
III.2.3.Effet sur le paysage	55
III.2.4.Effet sur le tourisme	55
CHAPITRE IV.....	57
IV.1.Introduction :.....	57
IV .2.Généralités sur les poussières	57
IV.3.Définition générale des poussières.....	57
IV.4. Propriétés des poussières	57
IV.4.1 Les propriétés physiques	57
IV.4.2.Les propriétés chimiques	58
IV.5. Classification des poussières	58
IV.6.Mesure de concentration moyenne des poussières	59
IV.7.les différentes sources de poussière	60
IV.7.1.Le décapage de la découverte.....	61
IV.7.2.Exploitation des roches massives.....	61
IV.7.2.1. La foration	61
IV.7.2.2.Les tirs.....	62
IV.7.2.3.L'opération de chargement et transport :.....	63
IV.7.2.4. la circulation des camions à l'intérieur du site :.....	64
IV.7.2.5. Le transport des matériaux par convoyeurs à bande.....	65
IV.4.7. Traitement.....	67
IV.4.8.mise à Terril.....	69
IV.5.VENTILATION DES MINES	73
IV.5.1.Généralité.....	73
IV.5.2.Aérage naturelle.....	73
IV.5.3.Aérage artificiel	73
IV.6.CONCEPTS GÉNÉRAUX DE VENTILATIONS.....	73
IV.6.1.Ventilation soufflante	73
IV.6.2.Ventilation aspirante.....	75
IV.7. Analyse des rejets atmosphériques au niveau de la mine de Boukhadra :.....	76

IV.7.1.Enquête de gêne du voisinage	76
IV.8.Conclusion :	77
CHAPITRE 5 :	79
VII.1.Introduction.....	79
VII.2. Mesures de prévention contre les poussières	79
VII.7.Souterrain ESO	84
VII.7.1.Méthodes d'exploitation.....	84
VII.7.2.Perforations.....	85
VII.7.3.Tir des Mines	85
VII.7.4. Transport.....	86
VII.7.5. Berlins.....	86
Conclusions Général :.....	82
Bibliographiques.....	83
Annexes	92

LISTE DES FIGURES

N° Figure	Titre	N° page
Figure I.1	Localisation de la Région de Boukhadra	4
Figure I.2	La carte géologique état-major de Boukhadra.	6
Figure I.3	Carte géologique du Djebel Boukhadra modifié (D'après G. Dubourdieu, 1956)	8
Figure I.4	Log stratigraphique du Djebel Boukhadra	9
Figure II.1	La mine principale de Boukhadra (19/02/2024)	12
Figure II.2	Représente d'une sondeuse de type B. Burg HD 1500 D.	14
Figure II.3	Le sac d'Anfomil et Cartouche de Marmanite	15
Figure II.4	Géométrie et terminologie du plan de tir.	16
Figure II.5	chargeuse de marque CATERPILLAR 988F	18
Figure II.6	camion CATERPILLAR de type 775G	20
Figure II.7	Projection verticale de la mine.	22
Figure II.8	galerie de niveau 1105 axe principale, les mines de fer de l'Est, BOUKHADRA	
Figure II.9	La méthode d'exploitation par sous niveaux abattus, mine souterraine de Boukhadra (R plan d'exploitation).	24
Figure II.10	Schéma qui représente la disposition des trous en éventail	27
Figure II.11	Schéma qui représente plan de tir.	28
Figure II.12	chargeuse transporteuse pneumatique type ATLAS COPCO St 1020.	29
Figure II.13	Camion navette MT 2000	30
Figure III.1	Carte de situation géographique du bassin versant de la Medjerda	38
Figure III.2	Modélisation en 3D du gisement de Boukhadra	40
Figure III.3	Températures moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra	42

Liste des figures

Figure III.4	Précipitations moyennes mensuelles période (1969-2018)- de Tébessa	43
Figure III.5	Vitesse du vent mensuelles année (2020) – Station de Tébessa.	44
Figure III.6	Rose des vents de la région de Tébessa, (année 2020)	45
Figure III.7	L'accumulation de la poussière sur la végétation.	51
Figure III.8	Effet sur le paysage	58
Figure. IV.1	Foreuse avec tête aspiratrice	59
Figure. IV.2	Nuage de poussières consécutif à de mine	59
FigureIV.3	Convoyeurs à bande	60
Figure IV.4	concasseur giratoire et Exemple sur le phénomène de lessivage du minerai de fer de Boukhadra à la sortie concasseur	62
Figure IV .5	Soutènement par centre métallique niveau (1045) Axe Nord	64
Figure IV.6	Ventilation soufflante.	70
Figure IV.7	Ventilation aspirante.	71

LISTE DE TABLEAUX

N° Tableau	Titre	N° page
Tableau II.1	Les caractéristiques des engins de terrassement.	15
Tableau II.2	Les caractéristiques de la sondeuse	16
Tableau II.3	Les caractéristiques des engins de chargement à ciel ouvert	19
Tableau II.4	Les caractéristiques des camions de transport à ciel ouvert	19
Tableau II.5	Profondeurs moyennes et angle de pendage du gîte exploité en souterrain	20
Tableau II.6	Caractéristiques de la galerie de la mine de Boukhadra	22
Tableau II.7	Les caractéristiques techniques du marteau perforateur.	28
Tableau II.8	Les caractéristiques des chariots de foration souterraine	28
Tableau II.9	Les caractéristiques des chargeuses souterraines.	30
Tableau II.10	Les caractéristiques des camions de transport souterrain.	31
Tableau II.11	Origine des émissions atmosphériques	43
Table.III.1	Les éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra.	43
Table.III.2	Caractéristiques de la station pluviométrique de Boukhadra	45
Table.III.3	Températures moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra □	46
Table.III.4	Précipitations moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra	48
Table.III.5	Vitesse du vent mensuelles année (2020) – Station de Tébessa	52
Table.III.6	Composition floristique de la région d'étude	57
Table.III.7	Le nombre d'agents silicosés au niveau de mine Boukhadra	57
Tableau.VI.1	Les sources et les cause des poussières	57
Tableau.VI.2	les différentes activités peuvent être classées en fonction des quantités de poussières produites	59
Tableau.VI.3	Caractéristiques techniques de la sondeuse INGERSOLL-RAND	62
Tableau.VI.4	Poussières émises par les convoyeurs	65
Tableau.VI.5	précédent montrent que lieux de prélèvement représentent des sources d'émission de poussières	69
Tableau.VI.6	Analyse des rejets atmosphériques au niveau de la mine de Boukhadra (02/04/2024)	73



Introduction

Introduction

L'industrie minière est un domaine particulier, difficile et très complexe, qui a certaines caractéristiques très spécifiques à connaître :

Exploitation minière c'est une activité qui a des impacts sur l'environnement. Identifier les impacts potentiels rattachés à une exploitation minière, c'est étudier les mesures de sauvegarde pour la réhabilitation des sites.

Il est donc possible de décrire le cycle de vie d'une mine en quatre phases :

La prospection, le développement, l'exploitation et la réhabilitation et la fermeture.

Des quatre phases, la phase d'exploitation est celle qui a les impacts environnementaux les plus importants.

L'exploitation d'une mine à ciel ouvert et souterraine a de nombreux impacts spécifiques. Physique (sol, eaux, air), biologique (végétation, mammifère, faune) et humain (paysage, qualité de vie, économie.).

Une des contraintes environnementales liées à l'activité des processus de l'exploitation minière au niveau de Boukhadra, est l'importance des émissions de poussières diffuses à toutes les étapes de l'exploitation.

Ce travail consiste à faire une analyse systématique des sources de poussière au niveau de la chaîne technologique minière à savoir tous les processus de production.

ملخص:

تتسبب العديد من أنشطة استغلال المناجم في انبعاث غبار ضار بسبب طبيعته وصغر حجم جزيئاته، ويصعب إدارته بسبب كميته الكبيرة.

تتطلب عمليات استغلال المناجم في منجم بوخضرة للحديد (من الحفر والتفجير في الهواء الطلق وتحت الأرض إلى عملية التكسير والتحميل والنقل ومعالجة الخام والتفريغ) استراتيجيات مختلفة لمكافحة الغبار المنبعث. نحاول في هذه الدراسة تحليل مصادر الغبار على مستوى هذه العمليات واقتراح عمليات لمعالجة هذه الظاهرة وهي انبعاث الغبار.

الكلمات المفتاحية: منجم الحديد، بوخضرة، عملية الاستغلال، التأثيرات، الغبار، البيئة، التحميل والنقل، الحفر والتفجير، المعالجة، المفرغ

Résumé

Plusieurs activités minières sont à l'origine d'émissions de poussières qui sont par leur nature et leur faible granulométrie nocives, et par leurs grandes quantités difficiles à gérer.

Ces processus de l'exploitation minière au niveau de la mine de fer de Boukhadra (du forage et tir à ciel ouvert et souterrain au procédé de concassage au chargement et transport, traitement du minerai et à la mise à terril, demandent des stratégies diverses pour lutter contre les poussières émises.

Dans cette étude nous essayons d'analyser les sources de poussières au niveau de ces processus et proposer des opérations pour remédier à ce phénomène qui est l'émission des poussières.

Mots clés : Mine de fer, Boukhadra, Processus exploitation, impacts, poussières, environnement, chargement et transport, forage et tir, traitement, mise à terril.

Abstract

Several mining activities cause dust emissions, which are harmful due to their nature and small particle size, and difficult to manage due to their large quantities.

These mining processes at the Boukhadra iron mine (from open-air and underground drilling and blasting to the crushing process, loading and transport, ore processing and dumping) require various strategies, to combat the dust emitted.

In this study, we try to analyze the sources of dust at the level of these processes and propose operations to remedy this phenomenon, which is the emission of dust.

Keywords: Iron mine, Boukhadra, Exploitation process, impacts, dust, environment, loading and transport, drilling and firing, treatment, waste rock deposit.

Problématique

L'activité minière consiste à valoriser des ressources minérales naturelles dans le sol, et qui est une activité non durable (l'exploitation est soumise aux limites quantitatives d'un gisement non renouvelable).

Le Mode d'exploitation minière combiné (à ciel ouvert et souterrain) caractérisé par un relief montagneux est utilisé à la mine de Boukhadra.

Le minerai de fer exploité est de type hématite avec une teneur moyenne de 50 %, il génère annuellement des émissions de poussières et des milliers de tonnes de déchets miniers en roches stériles qui sont déposés à proximité du site minier.

Les processus de l'exploitation minière génèrent beaucoup de poussière, non seulement des nuages de poussière et une mauvaise visibilité, mais aussi un environnement de travail dangereux.

Ces rejets miniers et ces émissions de poussières nuisent à l'environnement et en particulier à la santé humaine, ce qui nécessite des solutions adéquates, pour résoudre ce problème environnemental.

Une analyse systématique des sources de poussière générées par les processus de l'exploitation minière au niveau de la chaîne technologique et une proposition des solutions adéquates pour lutter contre ces émissions. .

Une atmosphère pleine de poussières engendre une dégradation matérielle, une baisse de rendement qui entrainera une perturbation de la production



Chapitre I :

Présentation de la
région

Chapitre I

I.1. Situation Géographique

Le djebel de Boukhadra se situe sur l'atlas saharien, à l'Est Algérien. L'unité de Boukhadra se trouve à une altitude de 850 m, le point culminant du djebel est de 1463 mètres. La ville de Boukhadra fait partie de la wilaya de Tébessa, elle se situe à 45Km au Nord-est de celle-ci, à 200Km au sud de la ville côtière d'Annaba, et à 18Km de la frontière Tunisienne.

Elle est reliée à Annaba par une voie ferrée qui assure le transport du minerai de fer au complexe d'El-Hadjar. Le climat 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].



Figure I.1. Localisation de la Région de Boukhadra.

I.2. Historique la mine de BOUKHADRA

L'exploitation de la mine de Boukhadra fut entamée durant l'époque Romains pour l'extraction du cuivre dans la zone de pic ; par la suite l'exploitation a porté sur le zinc et autre poly métaux par la concession de Boukhadra [2].

- Entre 1903 et 1906, la concession Mokta El Hadid réalisa les premiers travaux de recherche par galerie entre les niveaux 845 et 1225 ;

- De 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société de l'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 de l'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 existant sur le territoire national.

Depuis la date du 18/10/2001 et dans le cadre de partenariat avec l'étrangère holding L.N.M.N.V. a signé l'accord de partenariat avec HADID OUENZA-BOUKHADRA filiale FERPHOS avec 70% [2].

I.3 Géologie du gisement de Boukhadra

Le gisement de fer de Boukhara, comme celui de l'Ouenza font partie de la même province métallogénie ferrifère qui s'étend de Khenguet - El - Mauhad au sud, Ouenza au Nord et Djerissa à l'Est.

Le djebel Boukhara appartenant au domaine de l'Atlas saharien est caractérisé par une structure géologique anticlinale très simple, de direction N.E/S.O, avec une terminaison périclinale au N.E. Le cœur de la structure est représenté par des sédiments de l'Aptien.

- Du point de vue litho-stratigraphique, la région de Boukhadra est constituée par des sédiments du Mésozoïque tertiaire en partie du Quaternaire.

En dehors du Trias évaporitique, les terrains qui affleurent dans l'Atlas saharien oriental sont caractérisés par des dépôts allant du Crétacé inférieur au Miocène [21].

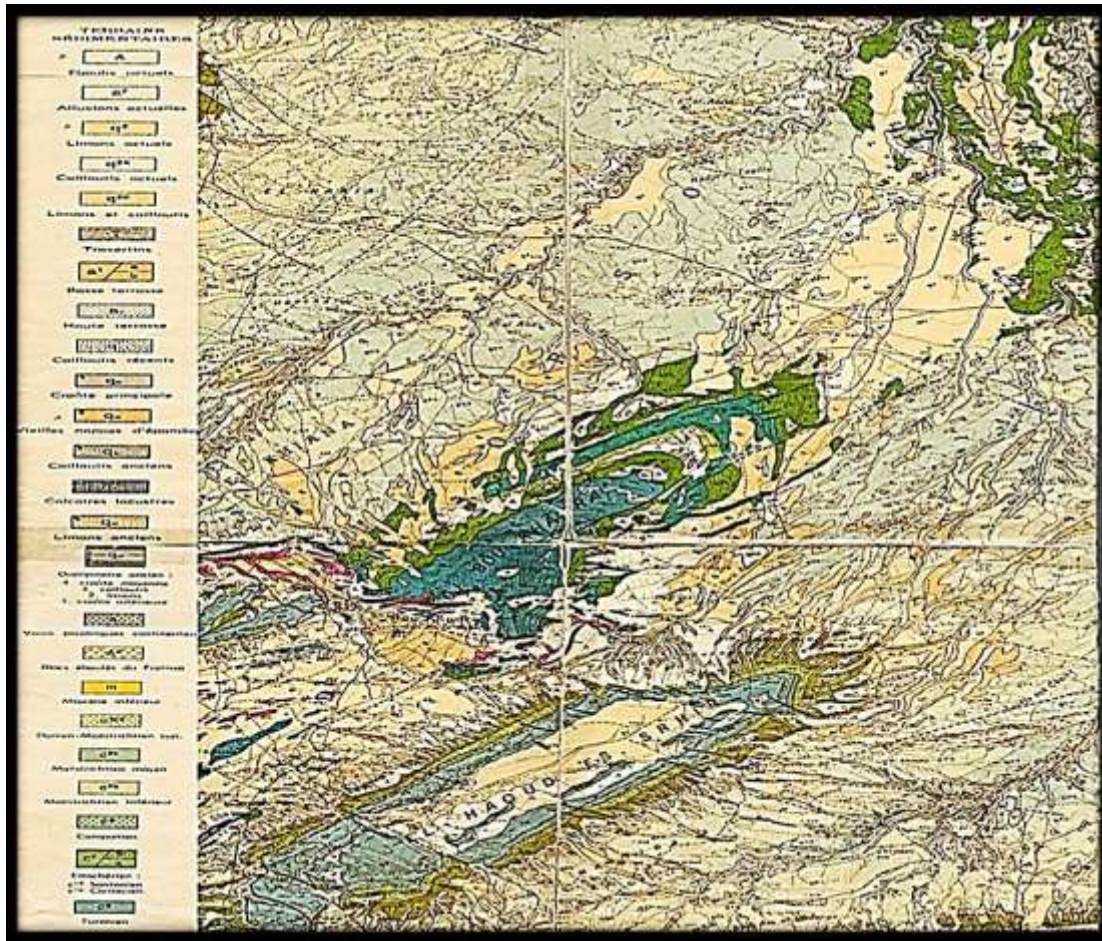


Figure I.2. La carte géologique état-major de Boukhadra.

I.3.1. Trias

Les dépôts du trias sont développés dans les parties Ouest- Sud et Sud – Est ; ils sont représentés par des marnes bariolées, gypses dolomies (cargneules) et les débris de calcaires et degrés. Ces formations sont en contact anormal ou en discordance avec les dépôts du crétacé (Aptien) suite au phénomène de diapirisme.

Dans la carrière de Boukhadra (gîte ouest) le trias affleure aux niveaux 890-902 et 914[4].

I.3.2. Le Crétacé

Dans le profil du crétacé, nous retrouvons le Cénomaniens, l'Aptien, l'Albien, le Coniacien, et le Cénomaniens où on a la série Aptienne, porteuse de la minéralisation est caractérisée par des marnes et des calcaires constituant la partie inférieure qui encaisse le gîte Sud, des calcaires récifaux construits, à organismes fossiles qui constituent le niveau porteur

de la minéralisation principale et des grés et calcaires de la partie supérieure de l'Aptien non productif et on a [3].

I.3.2.1. L'Aptien :

Les dépôts ou les sédiments aptiens de la région Boukhadra occupent des vastes surfaces. L'aptien se présente sous forme de deux faciès bien distincts :

- Faciès carbonaté (calcaire)
- Faciès terrigènes (marneux- gréseux- calcareux) [4].

I.3.2.2. L'Albien. :

La base et le sommet de l'albien sont surtout représentés par des marnes, la partie moyenne étant constituée dans une large mesure par des calcaires sublitographiques [3].

I.3.2.3. Vraconien :

La séquence est composée de minces lits de marnes avec intercalation d'argile marneuse noires et de calcaires marneux-argileux. La puissance maximale est de (470m) [3].

I.3.2.4. Le Cénomaniens :

Il s'agit d'une série de marnes gris ou verdâtres grises, avec par endroits des intercalations de calcaires [3].

I.3.2.5. Turonien :

Les dépôts de cet âge s'observent dans la partie Ouest et Sud du domaine traité. Il s'agit surtout de calcaires épais et massif pélitique marneux dans la partie basale, avec de rares minces intercalations de marnes. La puissance est variable, décamétrique jusqu'aux quelques centaines de mètres [3].

I.3.2.6. Coniacien :

Contient les marnes argileuses avec intercalation d'argile marneuse et par endroit de calcaire marneux

I.3.3. Le Tertiaire :

Les dépôts classés comme Tertiaire (miocène) sont observés seulement dans la partie occidentale du domaine étudié et sont représentés par des conglomérats à éléments variés, cimentés par une matrice carbonatée et des intercalations de roches gréseuses [5].

I.3.4. Le Quaternaire

Les dépôts du quaternaire sont formés par un matériel caillouteux, blocs de calcaires, grès débris de minerai et les conglomérats, ils sont répandus sur les flancs de la montagne et les parties basses du relief [5].

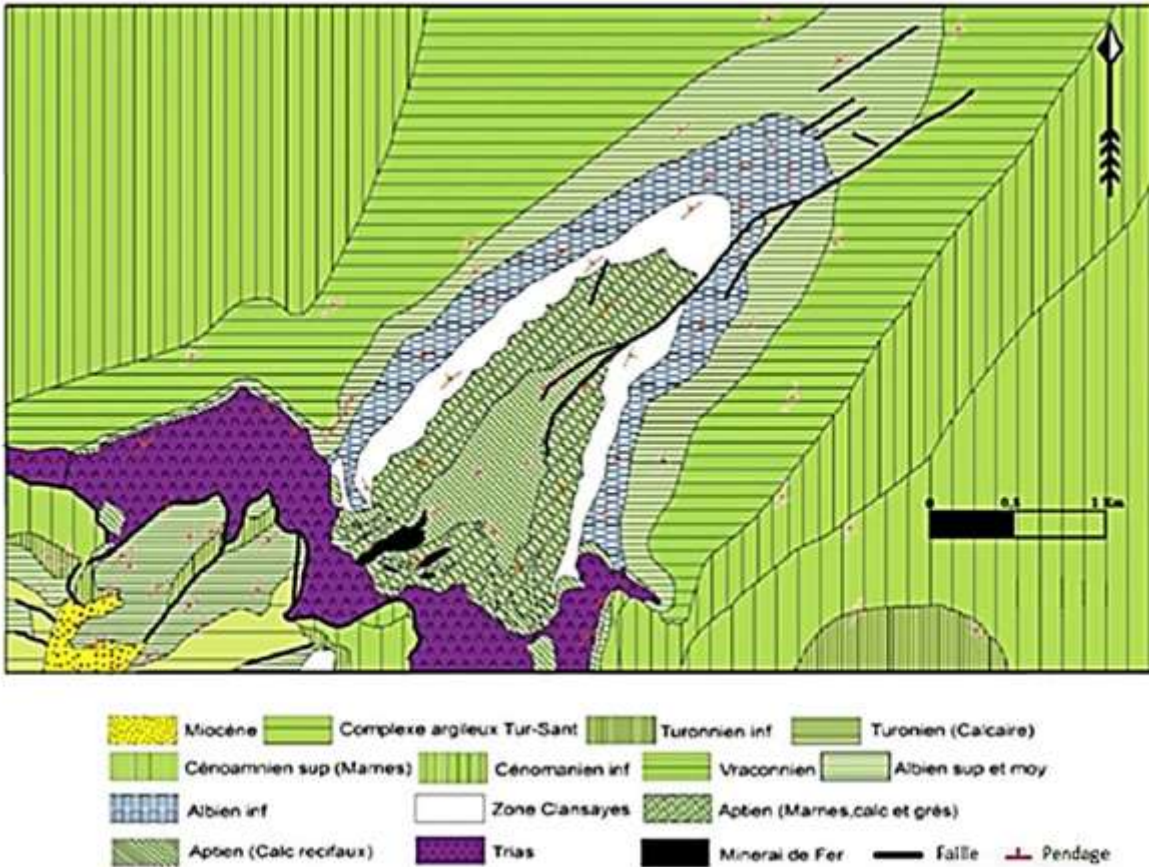


Figure I.3. Carte géologique du Djebel Boukhadra modifié (D'après G. Dubourdieu, 1956).

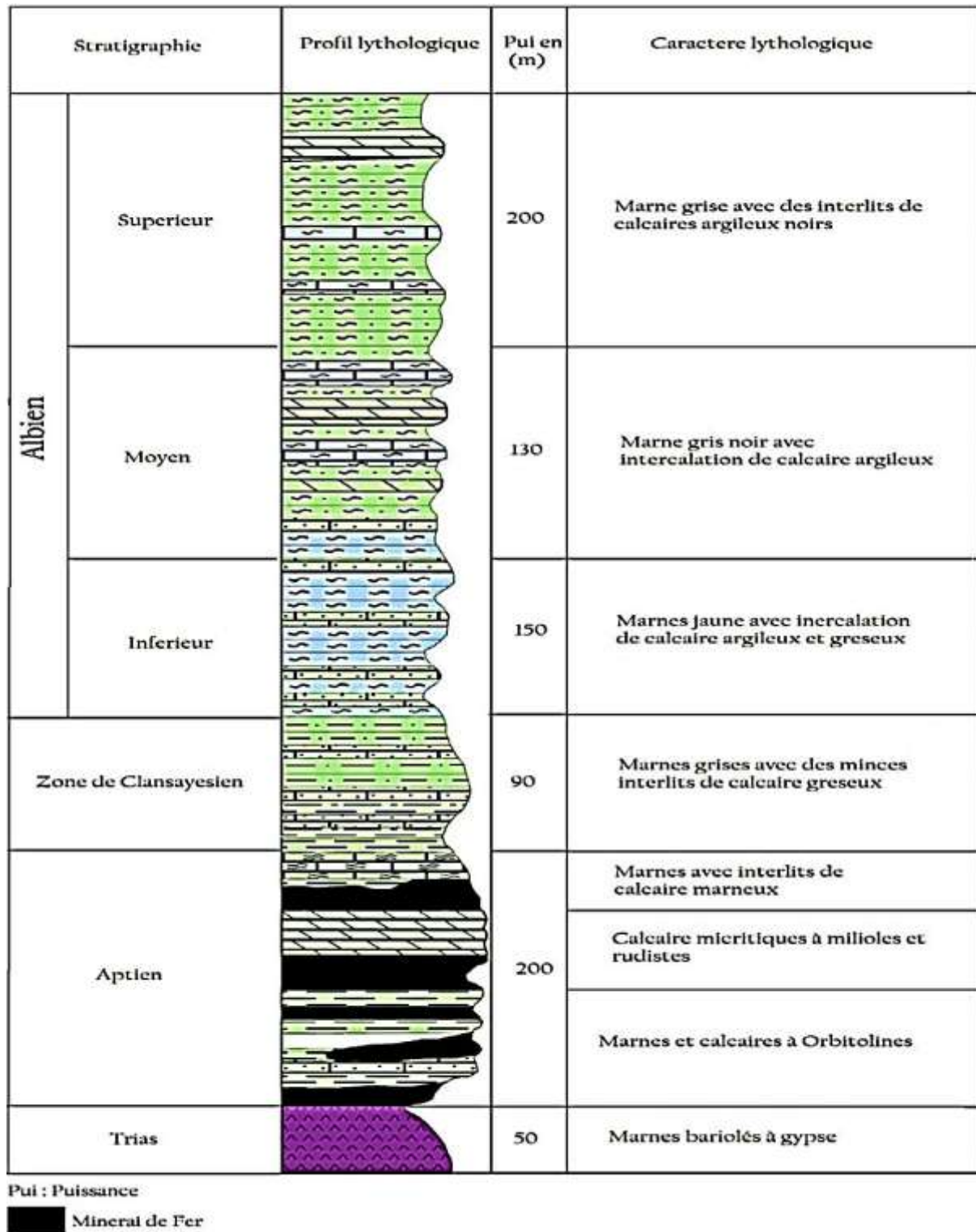


Figure I.4. Log stratigraphique du Djebel Boukhadra [1].

I.4. Géomorphologie

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-SO avec une terminaison périclinale au NE.

Le Djebel Boukhadra s'étend sur une longueur de 7 à 8 Km et une largeur variant de 3 à 5 Km, suivant une direction NE-SO. 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 [5].


I.5 .Hydrogéologie et Hydrologie

D'après les études hydrogéologiques il existe une nappe aquifère d'eau non potable de niveau hydrostatique égale à 818m et dans le niveau amont 926m, un mince filet d'eau apparaît entre les marnes. Le réseau hydrographique dans la région de la mine de Boukhadra est faible, à l'exception des multiples petits chéneaux d'écoulement pluviaux sans importance majeure qui Parsème de Djebel Boukhadra.

Selon la géologie, on ne peut pas parler d'oueds, ou de réseau hydrographique proprement dit, mais on remarque des talwegs sec pendant une longue période de l'année et à faible écoulement. Leurs captages pratiquement impossibles à cause de la topographie et leurs faibles quantités [4].

I.6 .Climatologie

Son climat est semi-aride : en hiver relativement froid et pluvieux, avec un vent assez fort, et en été sec et chaud. La température dépasse les 40° C en été et descend jusqu'à 0° C en hiver, les précipitations annuelles sont de l'ordre de 300 à 500 m d'eau.



Chapitre II :
Cycle d'exploitation
d'une mine

Chapitre II

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 supérieur à 50% en fer.

Les quartiers sont les suivants :

1- Mine à ciel ouvert principale, subdivisée en :

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

2- Quartier BK II,

3- Quartier souterrain,

4- Quartier Ain Zazia.

Actuellement, les travaux d'exploitation sont s'effectues au niveau de la mine à ciel Ouvert principale avec ses trois sites (amont, aval et médian) qui représente les principales Sources de minerai de la mine avec le quartier. Concernant les autres quartiers, le quartier BK II est épuisé, d'autre part, [6]

II.1.1. L'exploitation à ciel ouvert de la mine de Boukhadra

Introduction

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

II.1.1.1. Déroulement des travaux d'exploitation à ciel ouvert

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



Figure II.1 : La mine principale de Boukhadra (19/02/2024)

II.1.1.2. Travaux d'ouverture

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

Cette étape comprend deux phases principales :

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

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

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

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

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

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

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

a. Conditions techniques

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

b. Conditions économiques

Les facteurs économiques (le rendement et les dépenses consenties pour la construction de la mine). [6]

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

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

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

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

Tableau II.1 : Les caractéristiques des engins de terrassement. [06]

Type	TD (%)	TU (%)	Etat
CATERPILLAR824C	55	25	Mauvais
KOMATSUD355A3	46	8	Moyen
KOMATSUD355A3	13	19	Moyen
KOMATSUD155A2	61	26	Moyen
CATERPILLARD9T	79	22	Moyen

II.1.1.3. Travaux d'abattage

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

Tableau II.2: Les caractéristiques de la sondeuse.[06]

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



Figure. II.2 : Représente d'une sondeuse de type B. Burg HD 1500 D.

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

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

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

Remarque :

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

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

- Sensibilisé au moyen d'un explosif brisant ;
- Couleur grise ;
- Aspect pulvérulent ;
- Considéré comme un explosif de sûreté ;
- Sensible à l'eau ;
- Efficace dans les roches sèches de moyenne dureté ;
- Utilisé dans les régions sèches. Il est adapté aux terrains à roches tendres ou de dureté moyenne.

L'Anfomil est ainsi un explosif caractérisé par :

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



Figure II.3:Le sac d'Anfomil et Cartouche de Marmanite

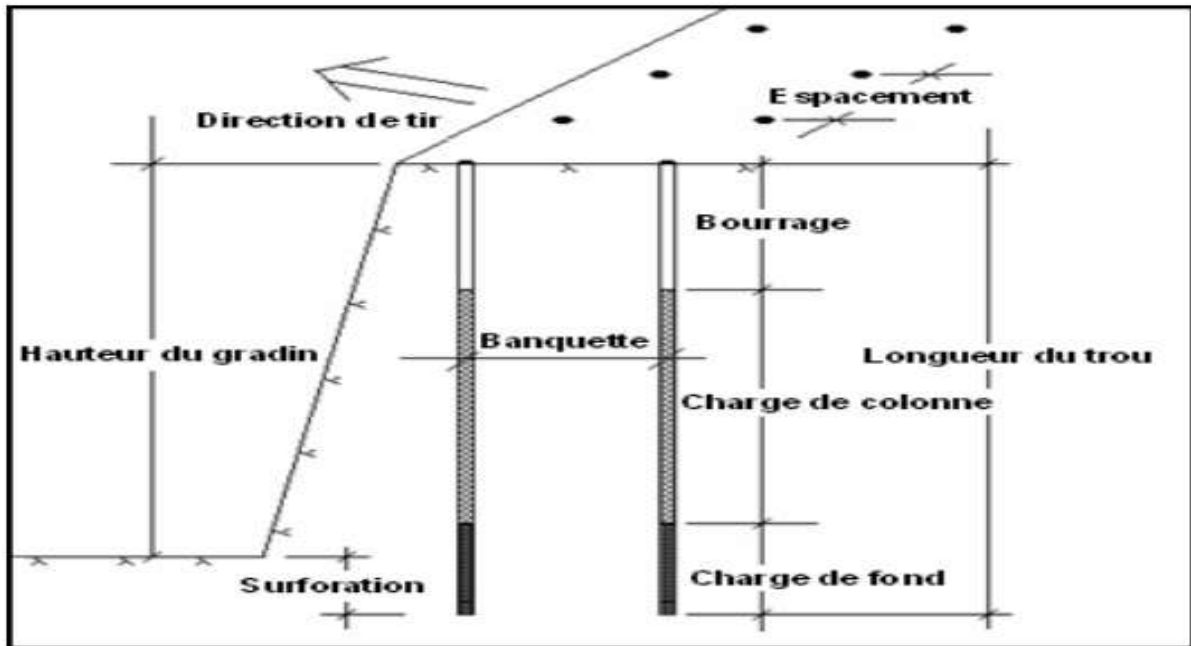


Figure II.4: Géométrie et terminologie du plan de tir[12]

II.1.1.4.Travaux de chargement et de transport

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



Figure II.5 : chargeuse de marque CATERPILLAR 988

Tableau II.3: Les caractéristiques des engins de chargement à ciel ouvert. [06]

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

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

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

Tableau II.4 : Les caractéristiques des camions de transport à ciel ouvert [06]

Type	TD%	TU%	Rend(T/h)	Capacité (m3)	Etat
CATERPILLAR 773D	85	48	124	60	Moyen
CATERPILLAR 775FC	48	55	147	60	Moyen
CATERPILLAR 775FC	45	39	168	60	Moyen



Figure II.6: camion CATERPILLAR de type 775G

II.1.1.5. Régime de travail à ciel ouvert

- ✓ Nombre de jours ouvrables de travail par an = 250 jours
- ✓ Nombre de jours ouvrables de travail par semaine = 5 jours pour la mine à ciel ouvert ;
- ✓ Nombre de poste de travail par jour = 2 postes de travail ;
- ✓ Nombre d'heures par poste = 8h/poste pour la mine à ciel ouvert. [06]

II.1.3. Destination du minerai de Boukhadra

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

II .2.L'exploitation souterraine de la mine de Boukhadra

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

Le quartier souterrain contient plus de 70% des réserves globales de la mine.

Le tableau suivant représente les profondeurs moyennes et les angles de pendage du gîte exploité en souterrain :

Tableau II.5 : Profondeurs moyennes et angle de pendage du gîte exploité en souterrain [08]

Désignation	Profondeur (m)	Angle de pendage (°)
Axe Nord	391	60
Axe Sud-Est	320	54
Axe principal	215	54

II.2.1 Les différentes phases constituent au corps Sud.[08]

- 1ere phase (niveau 1225 /1285) ; épuisée
- 2ème phase (niveau 1165/1225) ; épuisée
- 3ème phase (niveau 1105/1165) ; en développement
- 4ème phase (niveau 1045/1105) ; en exploitation
- 5ème phase (niveau 985/1045) ; programmés au futur
- 6ème phase (niveau 925/985) ; programmés au futur

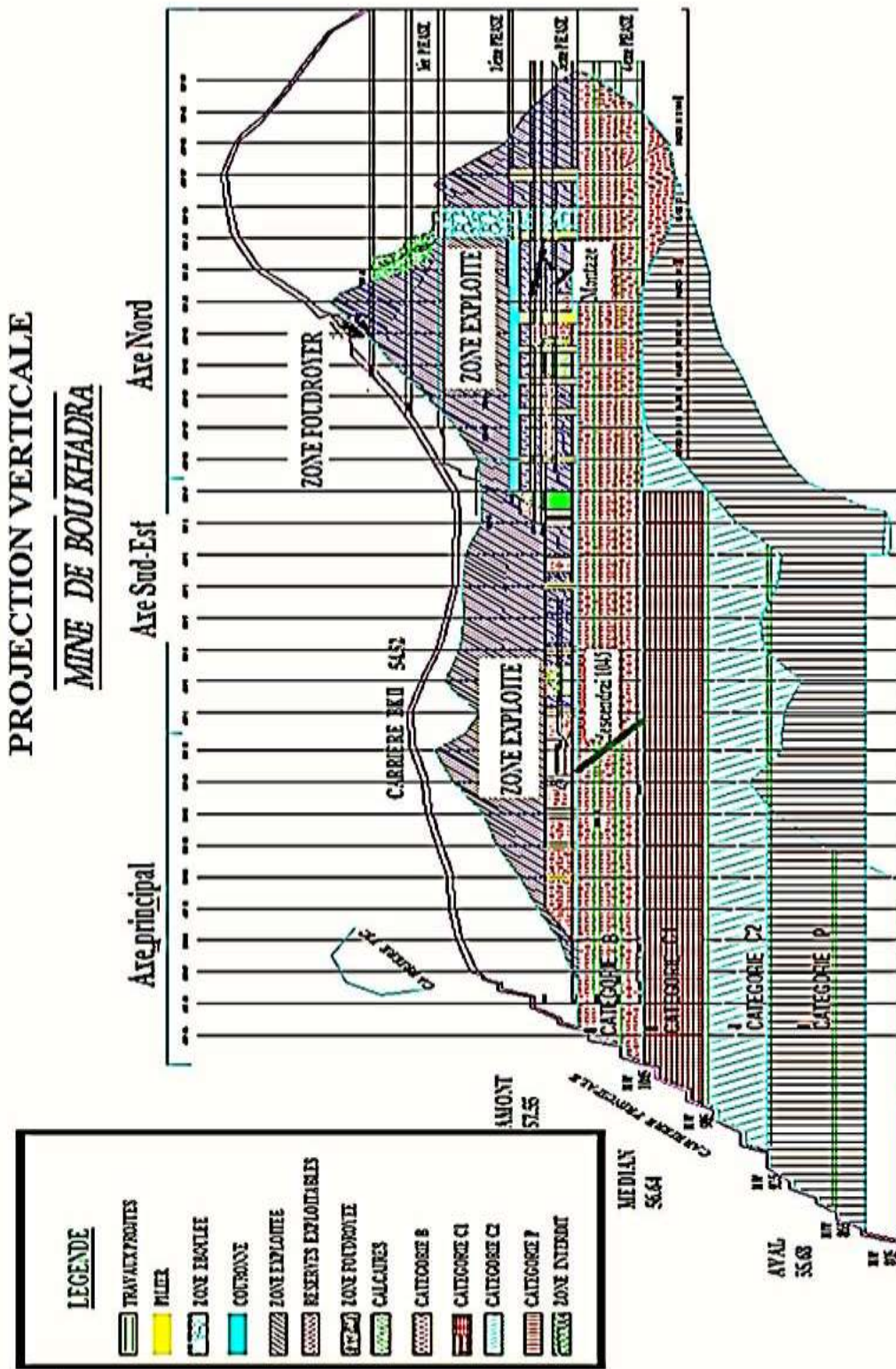


Figure II.7: Projection verticale de la mine.

I.2.2 Les Modes d'ouvertures souterraines

Dans cette mode d'exploitation on peut trouver les modes d'ouverture suivantes :

- galerie au jour
- puits de mine (vertical, incliné)
- Par mode combiné.

II.2.3 Le mode d'ouverture de gisement de Boukhadra (mine souterraine).

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

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

En outre on utilise des travers-bancs qui permettent de se diriger vers les gites à exploiter, des cheminées pour atteindre des étages supérieurs ou des puits intérieurs pour accéder aux niveaux plus bas du gisement. [9]

Dans la mine souterraine de Boukhadra, l'ouverture a été réalisée par des galeries au jour.

Tableau II.6 : Caractéristiques de la galerie de la mine de Boukhadra [16]

Paramètres	Valeur	Unité
Hauteur moyenne	3	(m)
Largeur moyenne	4	(m)
Section	12	(m ²)
Longueur	800	(m)



Figure II.8: galerie de niveau 1105 axe principale, les mines de fer de l'Est, BOUKHADRA

II.2.4.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]

II.2.5.Les méthodes d'exploitation appliquent au niveau souterrain

Il y a plusieurs méthodes d'exploitation qui ont été expérimentées depuis le début des travaux d'exploitation jusqu'à nos jours, ils représentent comme suit :

- ✓ Méthode d'exploitation par chambre magasin au fond du niveau 1105 sur les deux axes Nord et Sud-Est (période 1974 jusqu'à 1976, méthode SOVIETIQUE) ;
- ✓ Méthode d'exploitation par sous niveaux foudroyés au 1 étage (niveau 1225/ 1285) bloc 1et 2(variante SUEDOISE) ;
- ✓ Méthode d'exploitation par sous niveaux abattu au 1étage (niveau1225/1285) bloc 03, Projet DED année 1983(variante SUEDOISE) ;

- ✓ Méthode d'exploitation par sous niveaux abattu au 2^{ème} étage (niveau 1165/ 1225), période 1992 jusqu' à 1999 ;
- ✓ Méthode d'exploitation par sous niveaux abattu au 3^{ème} étage (niveau 1105 /1165) Axe Nord.

II.2.5.1. Méthodes par sous niveaux abattus applique au niveau de Boukhadra

Cette méthode convient pour les gisements dressant, les travaux préparatoires en vue de l'abattage par sous niveaux sont importants et complexes, Le gisement est découpé en panneaux d'environ 50à100m délimités par :

- Une voie de tête et une voie de base qui constituent aussi des voies de roulage.
- Deux cheminées de hauteur de 40à 50 m.

Les panneaux sont ensuite divisés en sous niveau de 3-4m de hauteur et réparé entre eux par une épaisseur minéralisée de 10 mètres .l'abattage par sous niveau laisse un vide rectangulaire dans toute l'épaisseur exploitée .la partie inférieure de la chambre est aménagée 51 en forme d'entonnoir, de manière que les matériaux abattus glissent vers les points de soutirage. [11]

- Trémies situés sur la voie de la base.

La roche fragmentée occupant un espace supérieur à son volume en place, il est nécessaire avant de forer les nouveaux trous de mine, de pratiquer une souillure de quelques mètres de largeur pour permettre de créer un espace suffisant pour les mesures.

L'extraction se fait par gravités par les entonnoirs dans des berlines placées sous les trémies de la voie de roulage.

L'abattage par sous niveau est une méthode d'exploitation productive, en grande partie parce que la foration des longs trous de mine peut travailler sans interruption, la méthode est aussi relativement sûre, du fait que la foration se fait en galeries et évacuation des matériaux à partir de points de soutirage, les travailleurs ne sont donc pas exposés aux chutes de blocs.[11]

II.2.5.2. Les avantages et les inconvénients de la méthode par sous niveau abattus :

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

a. Les avantages de la méthode :

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

b. Inconvénients de la méthode :

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

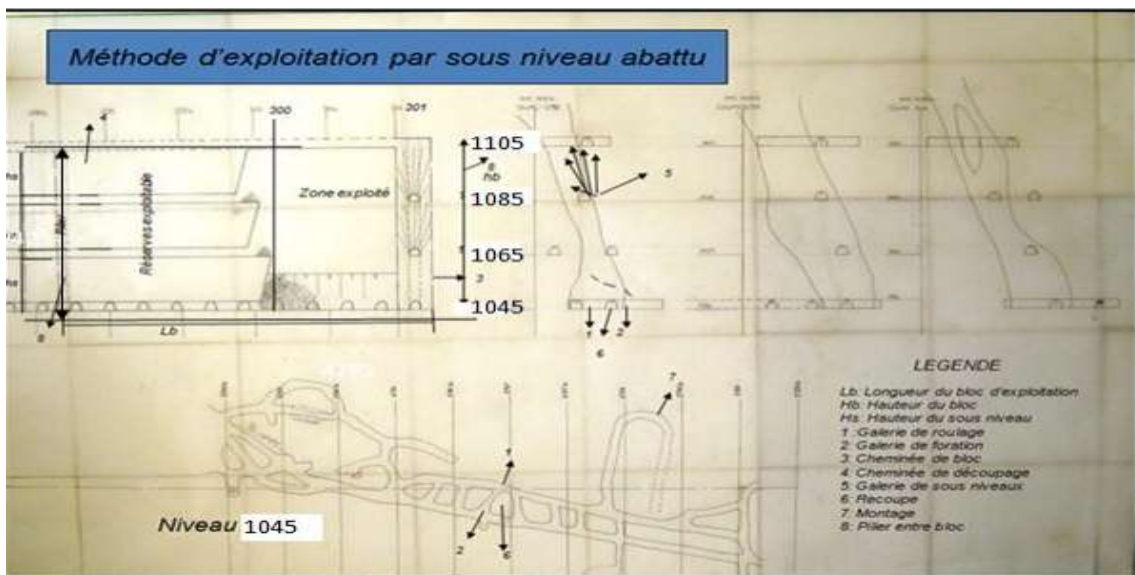


Figure II.9: La méthode d'exploitation par sous niveaux abattus, mine souterraine de Boukhadra (R plan d'exploitation).[12]

II. 2.5.3. Description de la méthode d'exploitation appliquée (sous niveau abattu)

- Le champ minier divisé en étages de 60 m de hauteur ;
- Hauteur de sous niveau de 20 m ;
- Creusement des ouvrages préparatoires de découpage ;
- Formation de la coupure verticale ;
- La foration est réalisée par trous profonds en éventail et s'effectue par chariots de foration, travaillant à l'air comprimé ;
- Le chargement des trous profond effectuée par une machine de chargement (compresseur de la matière explosive)
- L'abattage s'effectue à l'explosif par tir électrique, on utilise l'explosif de type Marmanite, et Anfomil. Le chargement et le transport de minerai aux blocs d'exploitation sont assurés par une chargeuse transporteuse pneumatique de capacité (3.8 m³ de godet).
- La charge du minerai transporté est culbutée dans une cheminée principale jusqu'au niveau de roulage, d'une section dépassant 4 m², creusé dans les encaissants.
- Le transport du minerai au jour est assuré par des camions navettes de capacité de 20 Tonnes. Jusqu'à le couloir de chute a one pente de 70°.
- Dans cette méthode il y a des réserves importantes abandonnées lors de l'exploitation comme les piliers et la couronne.

II.2.6.L'abattage au niveau de la mine de Boukhadra

Dans la mine de Boukhadra l'abattage s'effectue à l'explosif par tir électrique, on utilise l'explosif de type TEMEX, les trous de mine sont creusés au fleuret de dimensions variables un diamètre de 25 - 75mm, 4 - 6m de longueur.

On charge les trous avec les explosifs on procédant donc à la mise à feu à l'aide d'une source thermique ou électrique La résistance des différentes roches à l'arrachement et au morcellement est variable et est fonction en premier lieu des propriétés des roches, de leurs duretés, la stratification, fissuration, clivage, pendage. [14]

Pour cette raison il est nécessaire pour obtenir les meilleurs effets de disposer les trous dans la taille en tenant compte de ces propriétés naturelles des roches, en plus la disposition des

trous peut être aussi influencée par le genre d'excavation minière et par la forme de la section qu'on veut lui donner.

Dans les roches dures on fore un certain nombre de trous infini dirigé l'un vers l'autre et appelé trous d'entaille (bouchon). Les charges de ces trous sont misent à feu les premiers, ensuite l'explosion des charges des trous suivants a lieu (trous d'abattage : leurs profondeurs est moins profond à celles d'entaille). [14]

II.2.6.1 Les équipements de foration dans la mine de Boukhadra

Dans la mine de Boukhadra la foration des trous se fait par marteau perforateur de type Ps-50, pk-3 le tableau suivant présente les caractéristiques du marteau perforateur. [10]

Tableau II.7: Les caractéristiques techniques du marteau perforateur. [10]

Type	Poids kg	Diamètre	Longueur du taillant(mm)	Consommation d'aire comprimé m3 /min
Ps-50,pk-3	50	25	160	3.4 à 4.7

Tableau II.8 :Les caractéristiques des chariots de foration souterraine. [6]

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

Le schéma suivant présent la disposition des trous en éventail à la galerie d'abattage le minerais abattu sera évacué plu tard.

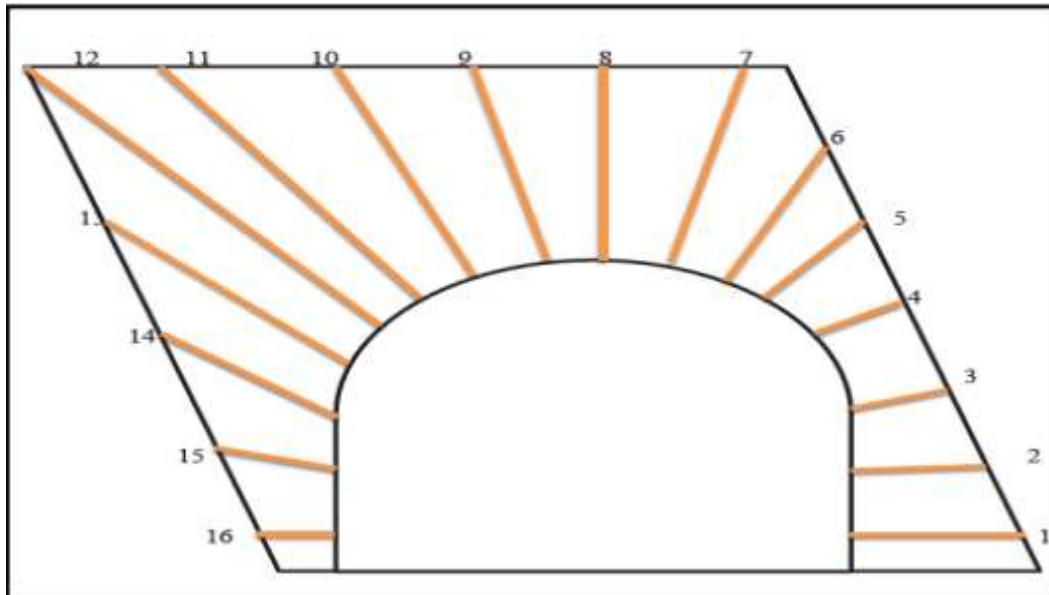


Figure II.10 : Schéma qui représente la disposition des trous en éventail

II.2.6.2 Plan de tir

C'est un document qui contient tous les renseignements nécessaires permettant d'exécuter le tir en toute sécurité, il doit être établi par une personne compétente.

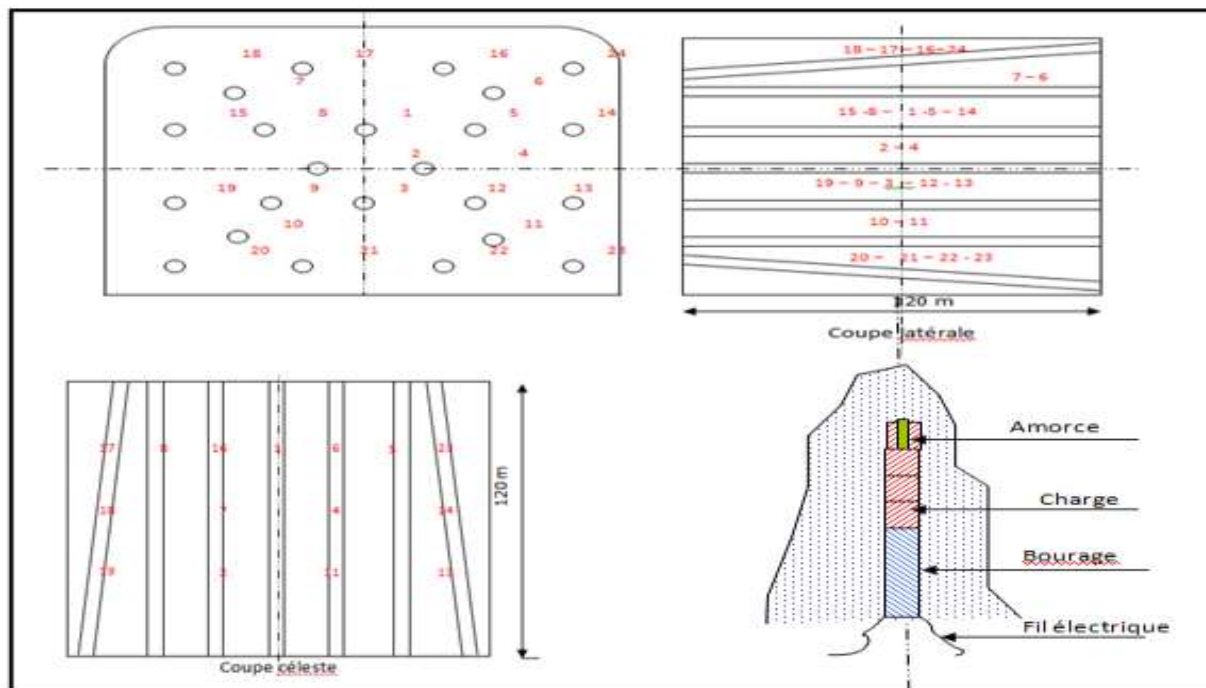


Figure II.11 : Schéma qui représente plan de tir.

II.2.7. Travaux de chargement et de transport

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

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

La deuxième étape : consiste à charger le minerai stocké à la base de la cheminée principale par une chargeuse souterraine, et le transporter par un camion souterrain jusqu'à la zone de stockage située au niveau 1105m à ciel ouvert. Après il sera transporté à l'aide des camions jusqu'à la zone de préparation mécanique. [15]

La mine souterraine de Boukhadra dispose 04 chargeuses souterraines et 02 camions pour le transport souterrain (Voir Tableau :).

Tableau II.9 : Les caractéristiques des chargeuses souterraines. [13]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (m/h)	Etat
TAMROC CTX 6B	0	0	0	En panne
TAMROC CTX 6B	50	19	28.29	Mauvais
ATLAS-COPCO ST1020	47	30	52.63	Moyen



Figure II.12: chargeuse transporteuse pneumatique type ATLAS COPCO St 1020.

Tableau II.10 :Les caractéristiques des camions de transport souterrain. [06]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (t/h)	Etat
ATLAS-COPCO MT2000	95	25	28.85	Moyen
ATLAS-COPCO MT2000	94	25	29	Moyen

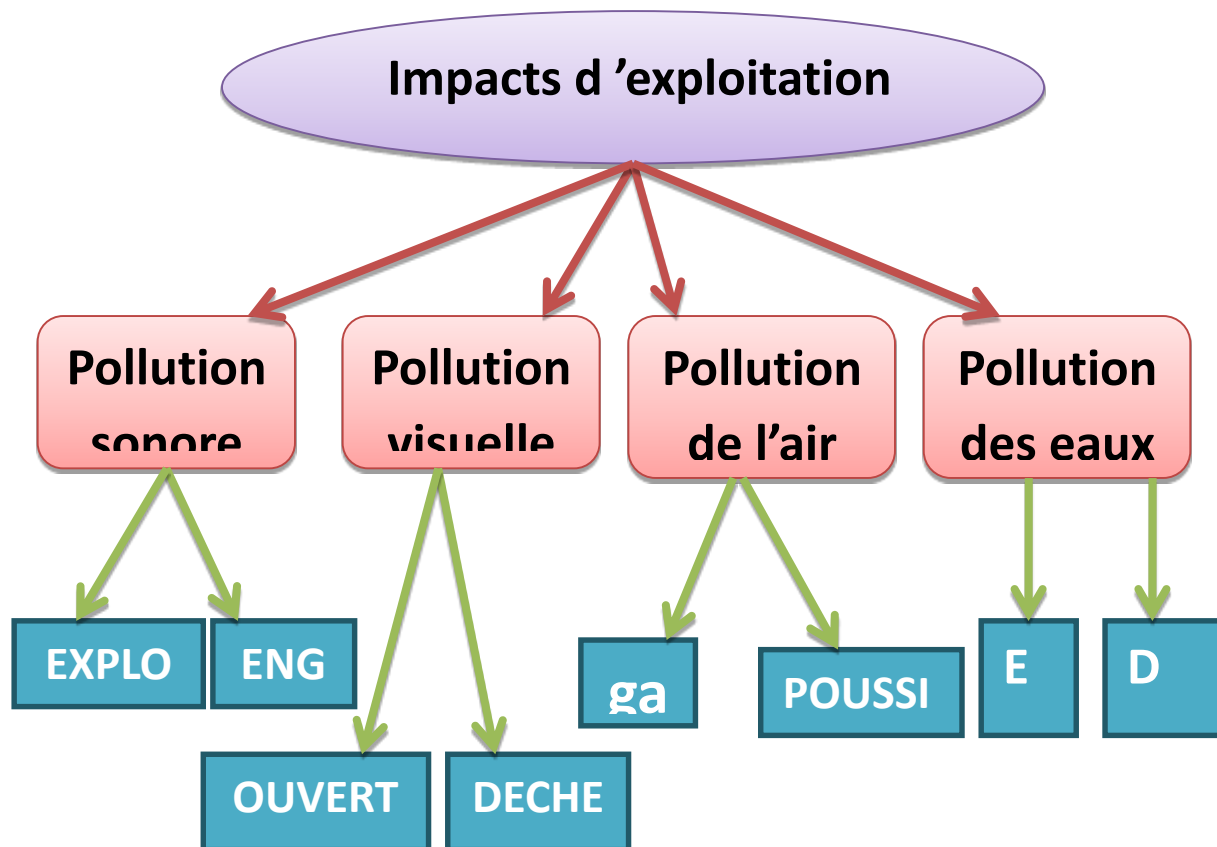
**Figure II.13:** Camion navette MT 2000

II.2.8. Régime du travail en souterrain

- Nombre de jours ouvrables de travail par an =220 ;
- 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 = 7h/poste.

II.3.L'impact de l'exploitation minière à ciel ouvert sur l'environnement

L'activité minière peut avoir un impact significatif sur l'environnement en période d'exploitation. Dans cette partie nous identifions et estimons les différentes nuisances susceptibles d'être générés lors de la phase d'exploitation de la mine. [17]



II.3.1- impact sur le milieu physique

II.3.1.1- émissions atmosphérique

Dans cette partie y a la présentation de la description des émissions atmosphériques produites par les activités minières. La description porte sur l'origine et la nature de ces rejets.

✚ Source de polluant

Les sources d'émissions atmosphériques sont listées dans le tableau suivant.

Tableau II.11: Origine des émissions atmosphériques.

Phases	Origines des émissions atmosphériques
	-Activité de foration et tire de mine : envols de poussières -Opérations d'extraction : envols de poussières
Exploitation des installations	-Concasseur, trémie et bande transporteuse : envols de poussière -Groupes électrogènes et chaudière : gaz de combustion du combustible : oxyde d'azote NOx, le monoxyde de carbone CO, le dioxyde de soufre SO2 et le dioxyde de carbone CO2.
Stockage de gasoil et produits chimiques	Odeurs : ponctuelle
Moteurs en marche (fonctionnement des engins de chantier et camions)	Gaz d'échappement contenant majoritairement : du monoxyde de carbone ; des hydrocarbures imbrulés ; du dioxyde de carbone, mais également des oxydes d'azote (NOx) et des particules, selon le type de moteur.

II.3.1.2- Impact sur le sol et le paysage

a. Effets de vides créés par les travaux d'exploitation

L'extraction des substances naturelles nécessitera l'intervention de l'homme sur la configuration initiale de la nature qui est caractérisée par la création des vides que ce qui est à ciel ouvert (fosse) ou souterrains (ouvrages miniers et chambres vides).

Ce changement au niveau de l'état initial du site minier, outre l'intérêt industriel économique d'extraction des substances utiles à un impact négatif sur l'environnement qui se traduit comme suit :

- Impact sur la faune et la fore existante avant l'exploitation ;
- Impact sur le paysage naturel initial de la région du site ;
- Impact sur les nappes d'eaux souterraines ;
- Impact sur le réseau hydrique de surface ;
- Impact sur la stabilité du terrain ;
- Impact sur la stabilité des constructions, ouvrages d'art, route... etc.

Le changement de l'état initiale du site minier à un impact direct sur le sol qui se traduit par :

- Risques d'affaissement ;
- Menace des nappes aquifères ;
- Assèchement et déviation des réseaux hydriques de surface ;
- L'instabilité des terrains (glissement, fissuration et affaissement) ;
- Dégradation de la faune et la flore et le paysage naturel.

b. Effet des poussières sur le paysage

L'effet des poussières en général sur les constructions consiste en une altération et dégradation superficielle qui se traduit par une exfoliation successive des croûtes d'altération par transformation du matériau en produits sableux et friables et se manifeste par la dégradation de l'état de surface par dépôt d'une couche de poussière rougeâtre sur des routes, trottoirs, ouvrages, murs et toits des constructions et une dégradation nette du paysage d'une manière général.

II.3.1.3- Déchets solide

Les déchets solides produits durant la phase d'exploitation proviennent de différentes origines et sont de différente nature.

II.3.1.4- Effluents liquides

La majeure partie de l'eau consommée est employée pour les besoins de lavage, arrosage et à usage domestique. Les seuls rejets d'effluents liquides à caractère industriels proviennent essentiellement du lavage de véhicules et eaux de ruissellement issues de l'arrosage des pistes, en plus des rejets domestiques.

II.3.2- Impact sur le milieu naturel**II.3.2.1- La faune et la flore**

Les effets de l'activité de la mine sur les espèces faunistiques et floristique se rejoignent généralement et ont pour origine, l'extraction, l'assèchement des sols, l'altération des eaux superficielles, les poussières, le bruit, les vibrations, l'érosion des sols et le trafic routier induit.

Les conséquences engendrées par l'activité minière se résument en la destruction de la flore et éventuellement la disparition des stations botaniques, le déplacement et/ou la disparition des diverses espèces faunistiques, non adaptées aux nouvelles conditions.

II.3.2.2- Hydrologie

Modification du tracé d'un cours d'eau, modification du débit avec comme conséquences la destruction ou la détérioration du milieu vivant, l'érosion des berges, l'envasement et le surcreusement des lits de rivière....

II.3.2.3- Hydrogéologie

Rabattement des nappes, modification des écoulements en profondeur (réseaux karstiques, failles drainantes...) et du ruissellement sur le site avec pour corollaire l'assèchement des puits, des sources, perturbation qualitative et/ou quantitative d'alimentation en eau potable.

II.3.2.4- Impact de drainage minier acide (DMA)

En provoquant la dégradation de la qualité de l'eau superficielle et/ou souterraine, le drainage minier a un impact sur tous les systèmes en relation directe ou indirecte avec cette eau : écosystèmes aquatiques, communautés végétales riveraines et usagers de l'eau.

Le DMA peut également dégrader les communautés végétales riveraines en entraînant la mort d'espèces d'arbres non tolérantes à l'acidification du sol. Il constitue également un préjudice au paysage par l'impact visuel des précipitations de couleur rouille qui lui sont généralement associées.

Le second impact majeur du DMA est la remise en cause des usages de l'eau en aval des sites miniers, comme l'alimentation en eau potable, les bases ludiques, l'irrigation et l'utilisation industrielle de l'eau. L'acidité des effluents miniers entraîne la corrosion des infrastructures minières et des équipements.

II.3.3- Impact sur le milieu humain**II.3.3.1- nuisances sonores**

Les émissions sonores ont pour origine les équipements suivants :

- Activités de foration ;
- Activité de concassage ;
- Activités de tire de mine ;
- Groupe électrogène, chaudière ainsi que les compresseurs d'air comprimé ;
- Activité de chargement/déchargement des produits par les engins.

Les conséquences affectent la qualité de vie des pour riverains, la faune et certaines activités sociales et économiques. L'impact du bruit, favorise l'affection des agents exposés directement à des sérieux problèmes de santé à savoir :

- La surdité ;
- La mauvaise communication entre les agents travaillants au même lieu ;
- Problèmes psychologiques des agents exposés.

II.3.3.2- Nuisances vibratoires

Les principales nuisances vibratoires sont liées aux activités de tir des mines :

- Les vibrations liées à la déformation élastique des matériaux ;
- Les projections ;
- Le bruit ou énergie acoustique.

L'origine essentielle des vibrations est principalement liée aux tirs de mines, avec pour conséquences, la menace portée à la sécurité des personnes, aux constructions, aux relais et antennes divers, aux structures naturelles (sources d'eau, fissuration des massifs rocheux).

Les travaux d'abattage sont assurés par l'utilisation des explosifs, d'où la nécessité de prévoir les limites d'influence des ondes vibratoires sur les constructions et les installations avoisinantes. Donc les tirs de mines ont un effet de projection et d'ondes vibratoires.[18]



Chapitre III :

Présentation état

Actuel

Chapitre III**III.1. : Situation actuelle et perspectives de développement du secteur minier en Algérie :**

L'Algérie est un pays vaste qui possède un potentiel géologique intéressant, en substances métalliques et non métalliques telles que le fer, le plomb, le zinc, les phosphates, le sel, le marbre, etc. Cette richesse en ressource minérale peut contribuer au développement socioéconomique du pays. Malgré cela, le secteur minier reste très peu productif par rapport au potentiel que recèle le pays et ne contribue qu'à hauteur de 1% au produit intérieur brut du pays. Les granulats, le fer et les phosphates sont les principaux matériaux exploités.

Un important effort de prospection a été effectué durant les 30 dernières années, ce qui a permis de développer l'infrastructure géologique de base et d'inventorier un grand nombre de gîtes et indices, dont certains offrent de réelles perspectives d'investissement pour leur exploitation.

III.1. 1: Infrastructure Géologique :

L'Etat avec l'assistance de ses partenaires au développement a consenti des efforts notoires visant en particulier à :

- L'élaboration de cartes géologiques relativement détaillées ;
- La réalisation de levés géophysiques couvrant parfois certaines zones à accès difficile;
- La cartographie, à une grande échelle, les zones d'affleurement et les zones métallogéniquement favorables ;
- La mise en place d'une base de données géologique, minière et environnementale.

III.1. 2.Potentiel géologique et minier :

Il va de soit que le sous-sol national recèle d'importantes ressources minières, illustrées, d'une part, par le nombre d'indices découverts minéraux et miniers et les gisements en exploitation et projets en développement, permettant ainsi de créer deux pôles miniers importants au Nord (dans la zone du Tirais) et au centre des Mauritanie avec l'apparition du

pôle prometteur de Tasiast (or, métaux de base et fer) et de Chami (quartz) et d'autre part, en terme de réserves prouvées de :

Le Fer : plus de 1,5 milliards de tonnes ;

L'or : plus de 25 millions d'onces ;

Le cuivre : environ 28 millions de tonnes de minerai à 1.14% de cuivre ;

Le phosphate : plus de 140 millions de tonnes à 21% P₂O₅

Le quartz : plus de 11 millions de tonnes ;

Le sel : plus de 245 millions de tonnes ;

Le gypse : plus de 100 millions de tonnes.

III.1. 3.La situation cadastrale :

La situation cadastrale se présente le 26 Janvier 2015 ainsi qu'il suit :

- Le nombre d'opérateurs : 82 (entre nationaux et étrangers)
- Les permis de recherche : 150 (tous les groupes de substances)
- Les permis d'exploitation : 13 (fer, or, cuivre, sel et quartz)
- Les carrières : 80 (le gravier, le gypse, le coquillage... etc.)

III.1. 4.Situation actuelle et perspectives de développement des projets miniers :

III.1. 4.1. Situation actuelle :

La compétitivité de notre secteur minier, tant au niveau régional qu'international, a suscité un engouement marqué par un flux considérable d'opérateurs intéressés par les nombreuses opportunités offertes par nos potentialités minières et notre cadre légal largement compétitif dans la sous-région. Ainsi, la production minière en 2013 a porté sur : **13,306** millions de tonnes de fer, **33000** tonnes de cuivre métal et **8,895** tonnes d'or (TML et MCM) et ce, avec une contribution au Budget de l'Etat de plus de **113** milliards d'ouguiyas (soit **28,4%**) générée par l'apport des sociétés : SNIM avec plus de **87** milliards, TML SA avec environs **22** milliards et MCM avec **4.5** milliards d'Ouguiyas.

La recette cadastre en 2013 était de un milliard trois cent soixante-douze millions quatre cent quarante mille ouguiyas (1 372 440 000 MRO). Cependant en 2014, elle s'élève à deux milliard cent trente et un million sept cent neuf mille huit cent quatre-vingt-onze ouguiya (2 131 709 891 MRO).

Le secteur fait travailler globalement plus de **15.000** personnes dont **7500** permanents.

III.1.5.Perspectives de développement :

Les travaux de recherche en cours ont mis en évidence plusieurs autres indices importants pouvant conduire dans le court et moyen terme à une diversification de notre production minière par notamment l'ouverture de nouvelles mines de sel, d'uranium...etc.

En dépit de la conjoncture internationale, marquée par la forte baisse des prix du minerai de fer, la SNIM prévoit toujours, dans le cadre de son PDM (Projet de Développement et de Modernisation) l'augmentation de sa production pour atteindre **40** millions de tonnes, à l'horizon de **2025**.

En vue de rester l'un des pionniers africains du minerai de fer, avec la perspective de réalisation de valeur ajoutée par notamment la production de pelletes, la SNIM a créé à la fin de l'année 2012 une Joint-venture avec la société saoudienne SABIC pour le développement du Guelb Atomai dont une partie de la production sera orientée vers une la pelletisation [1].

III.2.Etude de l'Etat Initiale de la Zone d'Etude

III.2.1Milieu physique

III.2.1.1Aperçu géographique

La zone d'étude fait partie du bassin versant de la Medjerda, situé au Nord-Est de l'Algérie et faisant partie des bassins méditerranéens totalisant une superficie de 7 877 km².

Le bassin versant de la Medjerda appartient au domaine de l'Atlas Saharien Oriental aux confins Algéro-Tunisiens. Il se situe au Nord- Est du territoire algérien et s'étale sur une superficie de (7877 km²). Cette surface est drainée par deux principaux affluents : Oued Mellegue qui coule sur une longueur d'environ (149 km) depuis sa source à djebel Tadinart au Sud- Ouest jusqu'à la frontière Algéro-Tunisienne au Nord-Est et Oued Medjerda qui coule sur une longueur de (106 km) du Nord- Ouest jusqu'au Nord Est de L'Algérie.

Globalement, le bassin versant de la Medjerda peut être subdivisé en cinq (5) sous bassins versants :

- ✓ Meskiana au Sud-ouest (1878 km²)

- ✓ Chabro au Sud Est (1567 km²).
- ✓ Mellegue Amont au Centre de la Medjerda (1513 km²).
- ✓ Mellegue Aval à l'extrême Est Algérien (1393 km²).
- ✓ Medjerda (Souk Ahras) au Nord (1519 km²).

Le bassin versant de la Medjerda est situé entre les méridiens de 7°37'E et 8°25' et les parallèles 36°05' et 36°27' N

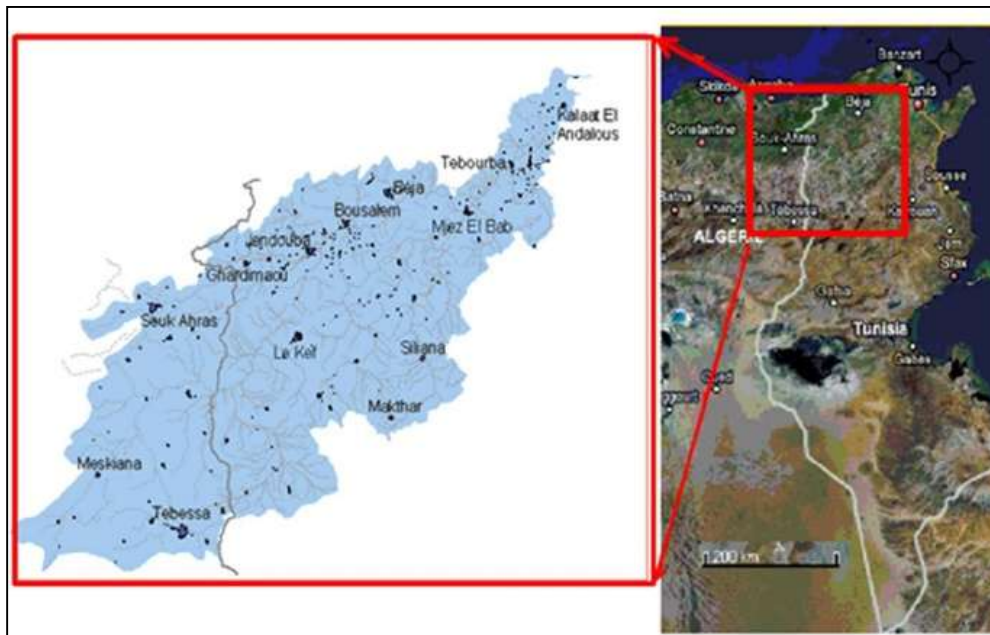


Figure III 7: Carte de situation géographique du bassin versant de la Medjerda

III.2.1.2 Aperçu sur l'exploitation du gisement de Boukhadra

Le gisement de fer de Boukhadra est un important gisement. La qualité de son minerai, ses réserves en catégorie industrielles et ses paramètres techniques d'ouverture lui confèrent un caractère prioritaire et stratégique quant à l'exploitation et le traitement de son minerai.

Les réserves géologiques

Les réserves en minerai de fer de la mine de Boukhadra s'élèvent à 50 millions de tonnes avec une teneur moyenne en fer supérieure à 50%. L'allure générale des corps minéralisés et leurs dimensions sont très variables.

Sur la base des travaux d'exploitations de la mine, on distingue deux principaux gîtes dans le gisement de Boukhadra [11].

❖ **Gîte principal :**

Le gîte principal est constitué de deux grands filons : Nord et médian et deux petites veines qui se joignent ensemble en un grand corps c'est le corps principal. Il est caractérisé par une longueur de 250 à 300 m, une largeur de 100 m, allant vraie semblablement jusqu'au niveau sidéritique qui se trouverait à une altitude de 820 m, soit à quelques mètres sous le niveau le plus bas de la carrière.

Ce corps stratoïde, représente la racine des autres corps minéralisés, et il est situé dans la partie W du gisement. La concordance des corps minéralisés n'est apparente qu'à une échelle hectométrique, dans le détail les limites du minerai sont sécantes et discordant sur les strates aptiennes

❖ **Gîte Sud :**

Le gîte Sud se présente sous la forme d'un filon. Il change de direction trois fois, et rejoignant le gîte principal dans sa partie centrale. La position de ces corps (principal, Nord, médian et Sud) par rapport à l'encaissant est particulièrement bien visible au niveau de la carrière principale.

La prospection détaillée du gisement a été réalisée durant les années 50 et 70 par les ouvrages miniers et des sondages de profondeur moyenne, les ouvrages de prospection sont répartis sur 09 niveaux (825 au 1285). Selon la première estimation des réserves réalisées en 1981 par la D.E.D basée sur les résultats de prospection, les réserves globales sont de 57 millions divisées en trois parties (corps) :

- ✓ Corps Nord.
- ✓ Corps Médian.
- ✓ Corps Sud.

Les trois corps sont bien prospectés à partir de la coupe 108 sur l'axe principal (corps Nord et Médian), les réserves sont en cours d'exploitation par la méthode à ciel ouvert.

L'exploitation souterraine est concentrée sur la partie Sud du gisement (corps Sud), les réserves sont réparties sur trois axes :

- ✓ Axe principal.
- ✓ Axe Sud – Est.

✓ Axe Nord.

Une partie de ces réserves situées sur l'axe principal et l'axe Sud – Est dont l'exploitation initiale est prévue par la méthode souterraine, serait extraite par la méthode à ciel ouvert (jusqu'au niveau 1135), ceci compte tenu du taux de découverte avantageux et de la morphologie du relief [12].

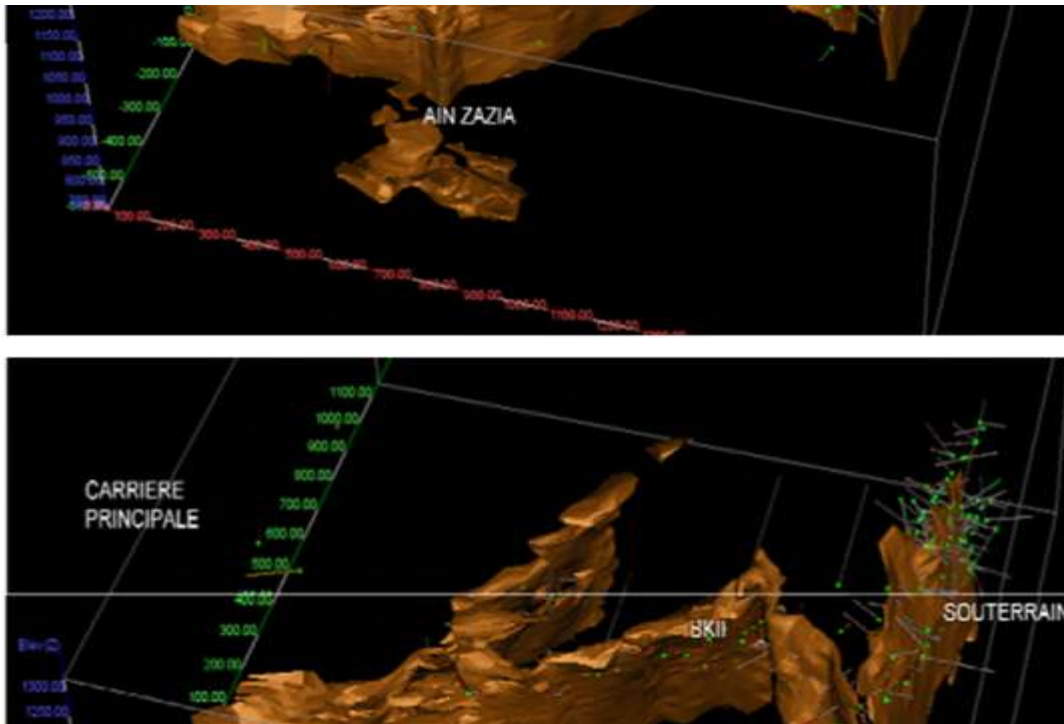


Figure III 8:Modélisation en 3D du gisement de Boukhadra

Le minerai exploité est constitué principalement d'hématite, le constituant majeur duminerai, goethite et autres ocres limnétiques. Il est issu de l'oxydation du minerai carbonaté, maintenant restreint à la zone située sous le niveau hydrostatique.

Le tableau ci-après représente les différents éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra. [11].

Tableau.III.1 : Les éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra. [11].

Eléments	%
du gisement de Boukhadra.	2,0-3,0
Phosphore Fluor (P.F)	6-10
Cuivre (Cu)	Trace
oxyde de calcium (Cao)	3,5-8
Oxyde de magnésium (Mgo)	0,2 – 0,40
Soufre (S)	0,04-0,10
Oxyde de d'aluminium (A2O3)	0,5 -0,3
Oxyde de sodium et potassium (Na2O) +(K2O)	0,05 – 0,3
Phosphore (P)	0,002 – 0,01
Oxyde de silicium (SiO2)	6-9
Humidité (H2O)	2-6
Plomb (Pb)	0,005 – 0 ,02
Zinc (Zn)	<0 ,01

Climat

Station pluviométrique : Pour cette étude, nous avons retenu la station considérée représentative pour le périmètre d'étude :

Tableau.III.2 : Caractéristiques de la station pluviométrique de Boukhadra [11].

Station	Code	Coordonnées			Appareil	Nbr. Année d'observation
		X	Y	Z		
Boukhadra	120318	979,7	273,7	728	Boukhadra	120318

Températures

Tableau.III.3:Températures moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra [11].

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov	Déc	Moy
T°C min	-1,2	1,4	1,4	5	7,5	13,6	15,6	15,9	13,7	8,7	4,7	1	7,3
T°C max	14	17,7	22,6	23,2	30,2	34,8	37,6	37,2	31,3	27,8	23,6	19,8	26,7
T°C moy	6,4	9,6	12,0	14,1	18,9	24,2	26,6	26,6	22,5	18,3	14,2	10,4	17,0

Les températures estivales sont plus élevées environ de 37,6 °C (juillet) au maximum et un minimum d'environ de -1.2 °C en hiver (janvier), et une moyenne annuelle de 17,0 °C.

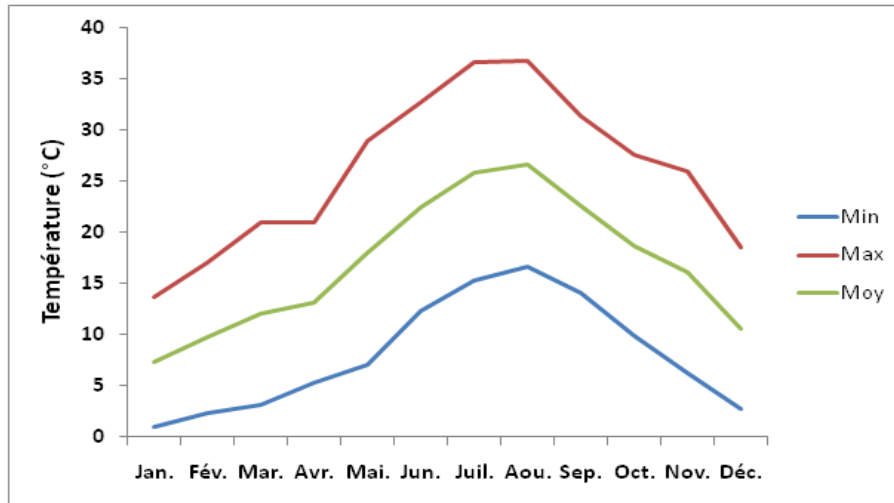


Figure III.9:Températures moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra [11].

Le climat est légèrement continental et bénéficie moins des effets de la mer. Les températures estivales sont plus élevées environ de 31,0 °C (juillet) au maximum et un minimum d'environ de 7,5 °C en hiver (février), et une moyenne annuelle de 18,0 °C.

L'examen des températures, montre que le grand bassin versant de la Medjerda subit durant l'année deux grandes saisons, qui semblent partager le cycle climatique en deux grandes périodes nettement égales mais irrégulières.

- Un semestre continental très froid, s'étend du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, dont la température minimale et de (-1.2 °c) ;
- Un semestre sec et chaud avec une moyenne des maxima de (37.6°c).

Durant la période hivernale et sous l'influence continentale, les températures saisonnières, s'abaissent parfois en dessous de (0°c), d'où l'apparition de phénomène de la gelée.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que notre zone d'étude connaît des hivers assez froids et des étés assez chauds [11].

Pluviométrie

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, leur distribution dans le temps et dans l'espace conditionne la forme des écoulements et les apports

aux nappes. La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionne une relation avec les facteurs thermiques, l'écoulement et par la même le régime des cours d'eau. Autrement dit que les valeurs moyennes mensuelles relatives à la période (1969/2018), traduisent bien les variations mensuelles et saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle. [11].

Tableau.III.4 : Précipitations moyennes mensuelles période (1969-2018) – Station de Boukhadra

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov	Déc	Total
P (mm)	27,7	24,2	23,7	23,4	27,6	16,1	5,6	13,5	30,5	22,5	24,9	21,3	261

Les précipitations pluviales annuelles sont de l'ordre de 261 mm, avec un minimum de 5,6 mm en mois de juillet et un maximum de 27.7 enregistrée durant le mois de janvier.

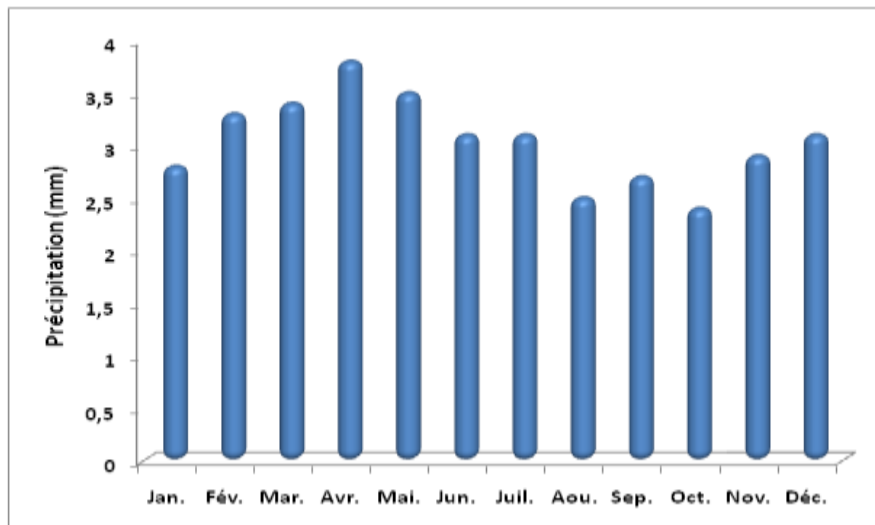


Figure III 10: Précipitations moyennes mensuelles période (1969-2018)- de Tébessa [11].

L'histogramme de la variation mensuelle des précipitations au niveau du bassin versant de la Medjerda révèle deux périodes distinctes :

- Une période sèche qui correspond à la saison d'été (juin, juillet, août), caractérisée par un déficit pluviométrique bien marqué.
- Une période humide qui correspond au reste de l'année ; remarque, cette période pluvieuse est caractérisée elle aussi par une succession d'un mois humide qui se situe soit en hiver (décembre ou février) ou au printemps pendant le mois de mars. L'autre mois relativement secs sont représentés par les mois de juillet et Août.

Vent

Le vent joue un rôle essentiel sur les processus d'évaporation car c'est lui qui permet, par le mélange de l'air ambiant, de remplacer au voisinage de la surface évaporant, l'air saturé par de l'air plus sec. En effet, l'air au voisinage de la surface évaporant va se saturer plus ou moins rapidement et par conséquent stopper le processus d'évaporation. La variation mensuelle de la vitesse du vent a été reportée dans le tableau suivant [11].

Tableau.III.5 : Vitesse du vent mensuelles année (2020) – Station de Tébessa

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
V (m/s)	2,8	3,3	3,4	3,8	3,5	3,1	3,1	2,5	2,7	2,4	2,9	3,1	3,0

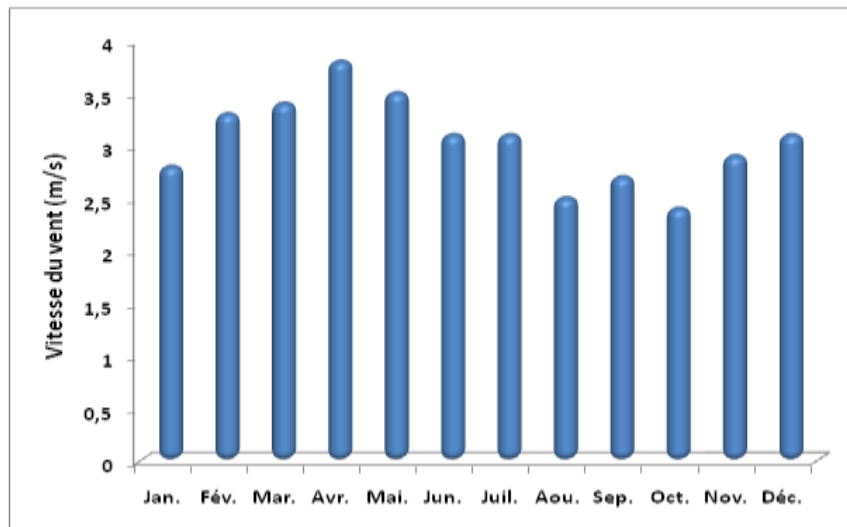


Figure III 11 : Vitesse du vent mensuelles année (2020) – Station de Tébessa.

Dans notre zone d'étude, les vents qui sont dominants sont ceux provenant d'Ouest-Nord-Ouest (Novembre - Avril) et du Sud-est moins significatifs (Mai - Juillet). Les vents sont actifs (fréquent) pendant la période hivernale, leurs vitesse moyenne maximale (3.8 m/s) au mois d'Avril. Ils sont reliés par les vents du sud-est pendant toute la saison estivale, les vents chauds et secs provoquent un abaissement simultané de l'humidité atmosphérique et une augmentation brutale de la température ce qui indique une augmentation de l'évaporation. [11].

N	2,19
NNE	3,28
NE	1,64
ENE	1,36
E	1,09
EES	4,93
SE	7,12
ESS	2,19
S	1,64
SSO	1,64
SO	1,36
OSO	2,73
O	7,39
ONO	26,84
NO	20,82
NNO	13,69

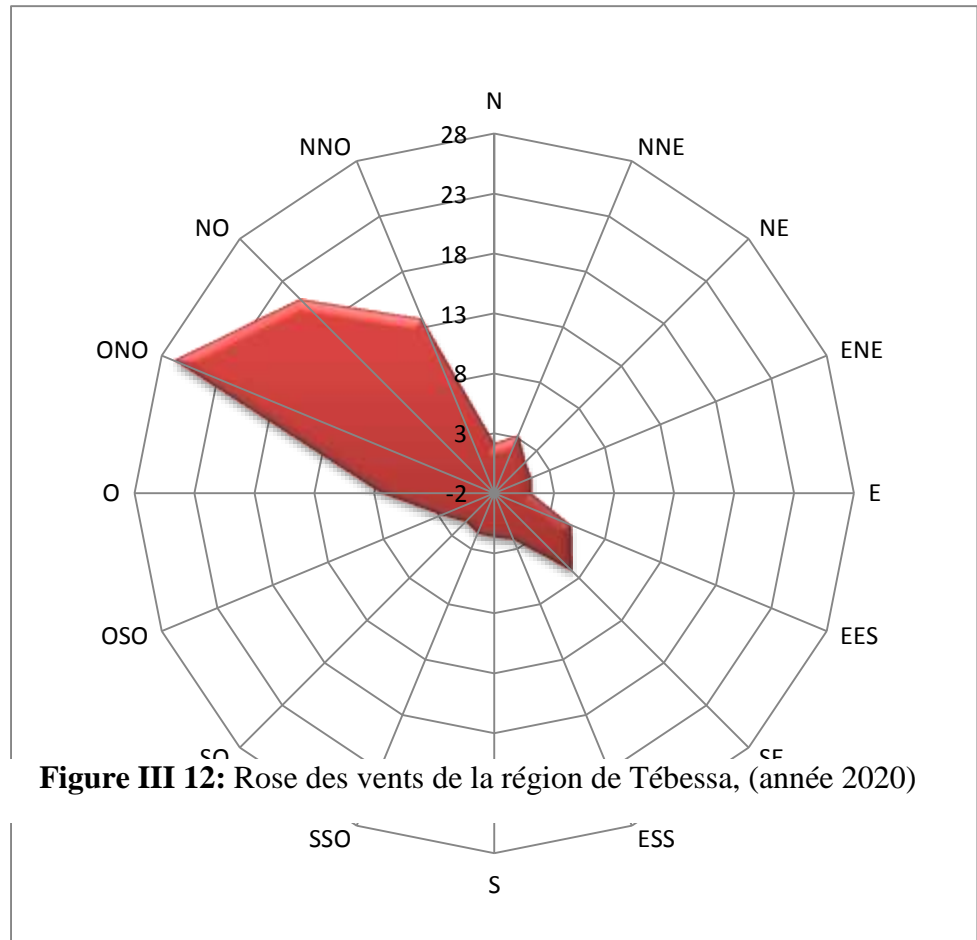


Figure III 12: Rose des vents de la région de Tébessa, (année 2020)

Milieu biologique

La flore :

La région d'étude appartient au secteur Nord de la wilaya de Tébessa qui comporte les massifs forestiers d'Ouled Sidi Yahia, Boutaleb et d'Ouled Sidi Abid.

Ce secteur est constitué de chainons orientés NO-SE, s'élevant à une altitude moyenne de 700 à 1200 m au-dessus de la plaine de Tébessa, avec Morsot à l'Ouest, El Meridj à l'est et le bassin minier de l'Ouenza au centre. Le patrimoine forestier se partage entre les forêts à essence sylvicole et la couverture alfatière (secteur sud).

La flore de la région de Tébessa est assez variée du point de vue systématique, réunissant des éléments de provenance très différente et des types biologiques divers. La composition systématique.

Les plantes identiques dans la région étudiée, appartiennent à l'embranchement des Gymnospermes et des Angiospermes. Les angiospermes naturellement dominantes (98,5%) sont constituées par 85,5% de Dicotylédones et 13,0% de Monocotylédones. Ce sont les familles

cosmopolites qui présentent la plus grande extension. Les familles des Composées, des Légumineuses et des Graminées sont répondantes, celles-ci représentant 43 % de la flore.

Les Composées sont répandues surtout dans les pâturages et champs cultivés, tandis que les légumineuses et les graminées peuplent également les forêts, les broussailles et les pâturages. D'autres familles à distribution cosmopolite sont bien représentées : les Crucifères, particulièrement pré estivales et estivales, les Labiées répandues partout, les Caryophyllacées essentiellement de pâturages, les Borraginacées, etc. augmentent nettement le pourcentage de participation des familles cosmopolites.

Les familles à distribution holarctique, à part des Ombellifères et des Renoncées, ont une faible extension. On peut observer l'infusion des familles d'affinité tropicale, dont les Cistacées sont les mieux représentées.

Enfin, quelques familles méritent une attention particulière : ce sont les Pinacée, les Fagacées et les Globulariacées qui dominent par la biomasse de leurs représentants, à qui s'ajoutent les Plantaginacées et les Resedacées, avec des représentants bien répandus.

L'étude de la composition floristique par genres et par espèces montre que la flore est composée de 224 genres et 370 espèces, auxquelles s'ajoutent 19 sous-espèces et une variété. Le coefficient générique est assez élevé, atteignant 60,5%. Le tableau ci-dessous mentionne les genres qui sont représentés par plus de trois espèces [11].

Tableau.III.6 : Composition floristique de la région d'étude

Genre	Nombre d'espèces	Genre	Nombre d'espèces
Médocargo	9	Ephedra	3
Astragalus	7	Dipmotaxis	3
Centaurea	7	Reseda	3
Helianthemum	6	Genista	3
Alyssum	5	Ononis	3
Lotus	5	Vicia	3
Euphorbia	5	Coronilla	3
Convolvulus	5	Erodium	3
Stipa	5	Echium	3
Linum	4	Galium	3

Pla,tago	4	Chrysanthemum	3
Scabiosa	4	Launea	3
Atractylis	4	Phalaris	3
Herniaria	3	Avena	3
Salsola	3	Asparagus	3

La faune

Jadis, la Wilaya de Tébessa recèle un patrimoine faunistique important, aujourd'hui il connaît une régression alarmante.

Les espèces faunistiques rencontrées dans l'environnement forestier de l'Ouenza sont, d'une façon générale, comme celles qui caractérisent la forêt Algérienne, tels le Sanglier le lièvre le chacal, le perdrix.....etc.

Par ailleurs, on note que l'élevage des ovins, des chèvres et des rares bovins constitue les ressources de la majorité des agriculteurs [11].

Milieu humain

Population

La population de la wilaya de Tébessa est estimée à 693 671 habitants (RGPH 2008), soit une densité moyenne de 46 habitants au km²

- Population active : 166.457 habitants
- Population occupée : 133.400 habitants

La ville de Boukhadra compte selon le dernier recensement de 2000, plus de 30 000 habitants. En 2007, la population est de 40 000 personnes.

Deux principales communautés des Ouled Yahia habitent cette ville : Magharsa et Malim. [11].

Potentialités de développement

- ✚ **Hydraulique** : les ressources souterraines de la wilaya atteignent 105,8 Hm³, Quant aux ressources mobilisées elles sont de 102,4 Hm³.
- ✚ **Ressources minières** : la wilaya de Tébessa est considérée comme le 1er producteur de fer et de phosphate du pays (Minerai de fer à Ouenza et Boukhadra, Phosphates de DjebelOnk) [17].

Secteur économique

Secteur de l'Agriculture

La wilaya dispose de 312 175 ha de terres agricoles (38% de la superficie totale) dont près de 14225 ha en irrigué (soit 4,6% de la SAU), 171.000 ha en exploitations forestières et 280000 ha comme zone alfatières. D'autre part, la wilaya de Tébessa dispose d'un cheptel estimé à 875 000 têtes ovines et 152 000 têtes caprines.

La production végétale est très diversifiée, céréales d'hiver, fourrage sec, maraîchage, fruits, olives et dates. La production animale est de 80 000 Qx de viande rouge et de 15 200 Qx de viande blanche [17].

Secteur de la culture et tourisme

La wilaya de Tébessa compte un ensemble important de sites touristiques et de monuments notamment dans la ville de Tébessa tels que le temple de Minerve, La basilique et la porte de Caracalla. D'autres villes comme El Ma Labiod, Ferkane et Bekkaria abritent aussi des sites historiques comme l'huilerie de Berzguene et la palmeraie de Ferkane. Pour permettre aux touristes de bien séjourner à Tébessa, 20 établissements hôteliers sont mis à leur disposition avec une capacité de 967 lits.

En vue de valoriser les potentialités touristiques de la wilaya de Tébessa, la conservation des forêts a lancé récemment plusieurs plans de développement portant essentiellement sur le reboisement, l'amélioration de la filière apicole et surtout la création d'espaces touristiques en milieu forestier dédiés aux familles.

Ainsi l'organisme en question s'est lancé récemment dans deux projets pour la création d'espaces d'attraction, des aires de jeux et autres. Le premier projet est celui d'un centre de détente et de loisirs en milieu forestier, au col de Gaga relevant de la commune de Hammamet, à 15 km du chef-lieu de wilaya, octroyé à un investisseur privé [17].

III.2. Influence de la présence de la poussière sur l'environnement

La terre et son atmosphère constituent un système presque parfaitement clos qu'est la niche écologique commune à tous les êtres vivants. Les êtres vivants sont sensibles à tous les changements anormaux de la composition de la biosphère.

Une augmentation plus forte entraîne une morbidité puis une mortalité croissante. La Pollution par les effluents physico-chimique entraîne deux catégories d'effets sur la population, à savoir les effets toxiques des poussières qui constituent à long terme une menace pour la

sécurité de la population (maladies pulmonaires, bronchites, asthme.. .) et Les effets nuisant qui créent chez les individus une sensation d'inconfort [18].

Les effets des poussières sont multiples à savoir :

III.2.1.Effets sur la santé

Les poussières ont un effet négatif sur la santé des travailleurs de la mine, la population localisée au voisinage de cette dernière et même Sur l'état de santé de différentes espèces animales de la région. Elles ont des conséquences néfastes sur les organes respiratoires des personnes et elles sont la cause des maladies de pneumoconiose. (Silicose), Asthme...etc.. L'étendue de l'impact des poussières sur la santé des personnes, au niveau de la mine de Boukhadra est importante surtout pour les travailleurs affectés aux postes travail suivants :

- ❖ Les agents de chargement au niveau des gares
- ❖ Conducteur de bull et niveleuse
- ❖ Chauffeur de manutention, transport
- ❖ Les agents travaillant aux chantiers extérieurs.

En plus de postes de travail "l'impact des poussières atteint les travailleurs des services de Soutiens à la production et certaine population avoisinante, mais dans ces conditions avec des degrés de perturbation moindres. Ces services sont:

- ❖ Ateliers centraux
- ❖ Les services techniques
- ❖ Atelier de maintenance
- ❖ Service de sécurité de la mine
- ❖ Bloc administrative
- ❖ Cité d'habitation avoisinante
- ❖ Les installations....etc.
- ❖ Etant donnée que

Les poussières peuvent être transportées sur une longue distance par l'intermédiaire des vents, donc les villages miniers et particulièrement, même sens que celui du vent dominant sont aussi exposés aux risques des maladies dues aux émissions des poussières, Surtout les enfants et les personnes allergiques.

La durée d'impact par la poussière dépend essentiellement du temps et du lieu de présence. Les personnes les plus exposées sont celles présentes directement aux endroits d'émission et/ou leur voisinage.

Le degré de perturbation est fort pour les personnes travaillantes aux postes précédemment cités, et devient faible, tout en s'éloignant de la zone d'activité de la mine.

Au niveau de la mine de Boukhadra, l'impact des poussières sur la santé des travailleurs et la population a laissé sans doute ses traces depuis son démarrage jusqu'à l'heure actuelle. En plus des problèmes de santé des personnes, l'impact sur le sol, la dégradation du paysage (construction, ouvrages et routes...etc.) est remarquable dans cette zone.

Autrement dit, les paramètres déterminants la limite d'impact des agents polluant dans cette partie de la mine atteignent leur seuil maximal (degré d'altération, étendue et degré de perturbation.).

La silicose est une pneumoconiose provoquée par l'inhalation de poussières de silice cristalline. Elle se caractérise par une inflammation et des cicatrices sous forme de lésions nodulaires affectant les lobes supérieurs des poumons. Les signes de la silicose, en particulier dans la forme aiguë, sont : l'insuffisance respiratoire accompagnée de fièvre et de cyanose ou le bleuissement de la peau (Kortum, E., et Bozsoki, K., 2007) [18].

Le nombre d'agents silicosés au niveau de mine Boukhadra montré dans le tableau suivant

Tableau.III.7 : Le nombre d'agents silicosés au niveau de mine Boukhadra [18]

Année	Nombre	Nature de maladies
1992	35	SILICOSE
1994	07	//
1995	25	//
1996	15	//
1997	07	//
1998	06	//
1999	05	//
2000	9	//
2001	01	//
Début 2002	01	//

Nous concluons alors que l'empoussièremment est un facteur de nocivité important dans les travaux miniers. Il convient de prendre toutes les mesures nécessaires pour que la qualité de l'air soit rendue compatible avec l'hygiène et la santé des opérateurs. A cet effet la moyenne sur huit heures des concentrations auxquelles est effectivement exposé un travailleur (VME) doit être inférieure à :

- 05 mg/m³ d'air pour les poussières alvéolaires
- 10 mg/m³ d'air pour les poussières totales

VME: Valeur moyenne d'exposition

III.2.2.Effet sur la faune et la flore

L'effet polluants sur les végétaux est très mal connu, néanmoins quelques manifestations physiologiques ou parasitaires ont été constatées sur certaines.

Plantations situées à proximité des sources de pollution ce sont surtout des polluants chimiques qui sont vraisemblablement responsables de ces manifestations.

L'effet des poussières sur la flore est caractérisé par la dégradation avec le temps des plantes, le ralentissement du processus de photosynthèse qui constitue un écran pour

L'évolution et le développement des diverses plantations (arbres et toute sorte d'agriculture), autrement dit, diminution de leur durée de vie (rendement) et par voie de conséquence diminution de leur intérêt économique, social et paysagère.

Aussi, une atmosphère polluée joue un rôle non négligeable pour le déplacement et l'émigration des espèces animales [18].



Figure III.7. L'accumulation de la poussière sur la végétation.

III.2.3.Effet sur le paysage

La dispersion s'opère par les vents locaux et saisonniers des particules ferrifères des stocks en minerai et des particules stériles. Elle s'opère aussi au niveau des décharges stériles. D'une manière générale, l'effet des poussières sur les constructions consiste en une altération et dégradation superficielle qui se traduit par une exfoliation successive des croûtes d'altération par transformation du matériau en produit sableux et friables. Ceci se traduit souvent par une altération des façades et toitures sous l'effet du processus de formation de fines pellicules résultant de la conséquence de circulation de l'humidité à l'intérieur du mur et le rougissement des surfaces exposées en donnant un aspect inesthétique.

Ces effets sont enregistrés au niveau du village de Boukhadra surtout dans les bâtiments avoisinants la mine. L'impact se manifeste par la dégradation de l'état de surface par dépôt d'une couche de poussière rougeâtre sur des routes, trottoirs, ouvrages, murs et toits des constructions et une dégradation nette du paysage d'une manière générale[18].

III.2.4.Effet sur le tourisme

Il est évidente, qu'une région minière en activité n'encourage et n'attire pas toute réflexion dans le domaine de tourisme et ce due à l'existence d'une atmosphère polluée par la poussière et autre. L'inexistence du patrimoine culturel important et autre dans la région reporte toute réflexion dans le domaine du tourisme [18].



Chapitre IV :
Les émissions de
Poussières

CHAPITRE IV

IV.1.Introduction :

Les émissions atmosphériques se produisent à chaque étape du cycle de la mine, mais surtout pendant l'exploration, le développement, la construction et les activités opérationnelles. Les opérations minières mobilisent de grandes quantités de matières, et des déchets de piles contenant des particules de petite taille sont facilement dispersés par le vent.

IV .2.Généralités sur les poussières

On désigne par "poussières" des particules pulvérulentes de toutes sortes répandues dans l'atmosphère et produites au cours d'opérations mécaniques divers (concassage, broyage, criblage, manutention de matériaux, foration, tir d'abattage, chargement, transport, etc.). Elles se mettent en suspension dans l'air pendant une durée plus ou moins longue tout en se propageant selon leurs caractéristiques physiques (formes, grosseurs, densités, etc.) et celles du milieu ambiant (vent, humidité, température, etc.).

IV.3.Définition générale des poussières

La poussière correspond aux particules dans l'air dont le diamètre est inférieur à 1 000 micromètres (μm).

Ils sont naturellement présents dans l'atmosphère et peuvent être

- **De sources naturelles** : résultat du vent (sable et limon de l'érosion éolienne, embruns Constitués de chlorure de sodium etc.).
- **Des activités humaines** : transport, chauffage, agriculture (récolte), industrie, compris carrière.

Une partie de la poussière, ou particules secondaires, est formée dans l'air par des réactions chimiques de polluants précurseurs tels que les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les composés organiques volatils.[18].

IV.4. Propriétés des poussières

IV.4.1 Les propriétés physiques

➤ .Vitesse de chute

Pour les risques et la lutte contre les poussières, les valeurs de la capacité de suspension des poussières fines sont importantes parce que la vitesse de chute d'après la loi de stocks par suite de la résistance de l'air et scientifiquement plus faible que la loi de la chute libre. Ainsi une

fine particule de poussière se trouvant dans un courant d'air peut être transportée d'un poste de travail à un autre.[18].

➤ **Inertie de la particule de poussière**

Une particule de poussière avec une faible vitesse de chute suit pratiquement le courant d'air, si ce dernier est subitement brisé, la particule serait déviée par son inertie (contre courant d'air), donc deux forces agissantes sur la particule, la force centrifuge et celle de traction. On conclue que d'après la grandeur de la particule l'une de deux forces prédomine la déviation.

➤ **Mouvement Brownien**

Les plus fines particules se déplacent constamment dans l'air en zigzag, c'est une suite de l'irrégularité des chocs moléculaires.

➤ **La thermo-diffusion**

Le déplacement des poussières à proximité d'une surface est fonction de la différence de température entre la surface et l'environnement. Plus la température est grande plus le déplacement des poussières est rapide. Si une surface froide se trouvant à proximité d'une surface chaude, le mouvement des poussières se fait de la surface froide vers la surface chaude.

➤ **La charge électrique**

Les particules de poussières dans leur environnement entre autre peuvent se charger électriquement. Cette caractéristique est importante à connaître pour les poussières explosives.

IV.4.2.Les propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des poussières se résument essentiellement en leur inflammabilité, expansivité, nocivité et leur toxicité. Leur composition chimique et la connaissance de leurs constituants nous permettent de déterminer l'effet et l'action de celles-ci sur l'organisme.[18].

IV.5. Classification des poussières

Selon leurs effets On classe généralement les poussières en deux catégories : selon leur effet biologique et selon leur granulométrie.

- La classification selon l'effet biologique des particules poussiéreuses se fait en quatre catégories :
 - **les poussières inertes** qui s'accumulent dans le corps sans provoquer aucune réaction.

- **les poussières toxiques**, contenant des composés métalliques plus ou moins solubles, qui peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur certains organes du corps humain.
 - **les poussières allergènes** qui peuvent donner l'asthme.
 - **les poussières fibrogènes**, qui sont insolubles et à l'origine de maladies professionnelles graves telles que la fibrose, la silicose, etc.
- La classification selon la granulométrie des poussières se fait en trois catégories :
- **les grosses poussières** : dont les particules ont un diamètre moyen supérieur à 5 microns, en suspensions instables dans l'air.
 - **les poussières fines** : dont les dimensions sont comprises entre 5 et 0,25 microns, en état de dispersion tel qu'elles semblent échapper aux lois de la pesanteur.
 - **les poussières ultrafines**, dont la dimension est inférieure à 0,25 microns et qui ne sont visibles qu'au microscope électronique. [18].

IV.6.Mesure de concentration moyenne des poussières

Les mesures de concentration de poussières se font généralement au niveau des principales sources d'émission à l'aide de capteurs de poussières du type CPM 3, aux points fixes, ou de capteurs miniaturisés du type CIP 10, pour l'exposition individuelle, et les concentrations moyennes ne doivent pas dépasser une certaine valeur limite de 50 mg/Nm³.

Dans le cas de la Mine Boukhadra dont l'exploitation est à ciel ouvert et souterrain, la précarité de l'atmosphère est due aux :

- Dégagements de poussières par les tirs à l'explosif et le trafic routier,
- Dégagements des gaz nocifs et des effluents gazeux suite à l'échappement des engins, des Automoteurs et toute autre source fixe.

Pendant son activité la mine émet des gaz, des fumées et de la poussière. Ce qui engendre une grande pollution atmosphérique qui peut provoquer des maladies respiratoires chez le personnel et la population riveraine.

1. Décapage des niveaux non exploitables ;
2. l'extraction des matériaux ;
3. l'amenée du tout-venant jusqu'aux installations de traitement ;
4. le traitement du tout-venant dans des unités primaires, secondaires et éventuellement tertiaires pour obtenir les produits finis ;
5. le stockage et la livraison ;

6. la remise en état du site après exploitation.

Tableau.VI.1 : Les sources et les cause des poussières [19]

Source	Cause
Extraction	
Foration	- Broyage par outil de foration - Éjection des débris et poussières hors du trou dans le flux d'air à grande vitesse
Chargement	- Brassage des matériaux extraits pendant les reprises entraînant la mise en suspension des éléments les plus fins
Transport	- Décollement des fines du sol par effet éolien lié à la vitesse des véhicules ou engins. - Détérioration en surface des pistes par arrachage ou poinçonnement par les pneumatiques
Traitement	
Concassage	- Libération et mise en suspension des fines au cours des opérations de fragmentation

IV.7.les différentes sources de poussière

Les différents impacts qui résultent de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert ont été exposés, celui sur la qualité de l'air a alors été mis en avant.

Ce dernier est dû notamment à l'importance des émissions de poussière diffuse. Les sections suivantes présentent les différentes sources d'émission à l'origine de ce problème.

Tableau.VI.2 : les différentes activités peuvent être classées en fonction des quantités de poussières produites [20].

Sources d'émission modérée	Sources d'émission importante	Sources d'émission très importante
Décapage	Transport par verse	Circulation des engins et Foration Stokage/déstockage tombereaux en carrière
Foration	Stockage/déstockage	
Minage	Évacuation des matériaux	Concassage
Transport par convoyeur		Criblage
Lavage		

IV.7.1. Le décapage de la découverte

Cette opération a pour but de mettre à nu le gisement à extraire, par retrait des couches superficielles. La découverte est constituée par la terre végétale, les roches plus ou moins altérées et les niveaux stériles. Les travaux sont faits de façon sélective pour bien séparer la terre végétale des stériles. Ces deux horizons serviront à la remise en état du site, après exploitation.

Cette source est ponctuelle, limitée dans l'espace et dans le temps, les quantités sont relativement peu importantes. Les facteurs aggravants sont le temps sec et venteux et la siccité naturelle de la roche.[20].

IV.7.2. Exploitation des roches massives

Le matériau exploité est cohérent et l'extraction est réalisée à l'aide de tirs de mines. Cette étape comprend la foration des trous destinés à recevoir les mines et l'abattage du matériau à proprement parler. L'importance de l'émission de poussières est variable en fonction de la méthode de tir et du type de gisement.

Les activités minières sont émettrices de poussière diffuse à toutes les étapes de L'exploitation.

IV.7.2.1. La foration

La foration en roches dures, qu'il s'agisse de la foration des trous de mine ou des sondages de recherche, occupe une place de première importance dans l'exploitation des mines et des carrières comme dans le creusement des galeries.

Avec la mise en service des machines de foration et l'augmentation de la vitesse d'avancement qui s'en est ensuivie, la quantité de poussières produite par la foration a beaucoup augmenté.

La suppression des poussières produites pendant la foration, quelle que soit la machine de foration utilisée, il est indispensable, avant de commencer la foration, d'arroser le front et les surfaces voisines pour éviter que les poussières déposées ne soient mises en suspension dans l'air.

Des trous verticaux d'une quinzaine de mètres de profondeur et d'une dizaine de centimètres de diamètre sont réalisés par une foreuse qui travaille par percussion ou rotation.

La roche est broyée environ 20 % du volume de roche sont transformés en poussière.

Les fragments sont évacués à l'extérieur du trou par circulation d'air comprimé (avec ou sans dépoussiéreur).[20].

Tableau VI.3: Caractéristiques techniques de la sondeuse INGERSOLL- RAND

Moteur diesel, puissances à 2000tr/ min	328 kW
Plage de température en fonctionnement	-25° à +50°C
Vitesse maxi de déplacement	3,4 km/ h
Force de traction	120 KN
Pression au sol, moyenne	0.107 Mpa
Marche à vide (1500 tr/min)	113 dB (A)
Vitesse de rotation maxi (2000tr/min)	118 dB (A)
Poids	20000kg
Capacité	2*12 V /185 Ah
Largeur	2490 mm
Longueur	11250 mm
Hauteur de transport	3995 mm
Rotative hydraulique type du marteau DHR 48H-45	4250 N.m
Couple de rotation	30 tours/min
Vitesse de rotation	80 tours/min



Figure. IV.1 : Foreuse avec tête aspiratrice

IV.7.2.2. Les tirs

L'abattage se fait à l'aide d'explosifs introduits dans les trous fores. Au moment de l'explosion, il se produit une fragmentation importante de la roche en un temps très court, donc un nuage de poussières conséquent mais assez vite dispersé. Il faut remarquer que ce nuage est en majorité constitué par le soulèvement de poussières présentes sur le sol et remises en suspension par le souffle de l'explosion.

Il s'agit d'une source ponctuelle avec une fréquence variable selon L'organisation de l'exploitation. Le vent et l'état de dessiccation sont des facteurs aggravants.[20].



Figure. IV.2: Nuage de poussières consécutif à une mine

IV.7.2.3.L'opération de chargement et transport :

Le chargement et le déchargement de camions ou le déversement des tapis dans les goulottes, peut provoquer d'importants dégagements des quantités de poussière importantes. Au cours du transport, des poussières fines sont emportées par le vent [20].



Figure. IV.3 : l'opération de chargement à l'intérieur du site.

IV.7.2.4. la circulation des camions à l'intérieur du site :

La Circulation des camions à l'intérieur du site lors des opérations de chargement de produits finis destinés à la livraison peut engendrer des émissions gazeuses dues au gaz d'échappement contenant majoritairement : du monoxyde de carbone ; des hydrocarbures imbrûlés ; du dioxyde de carbone, mais également des oxydes d'azote (NOx), et des particules, selon le type de moteur. Maladies de pneumoconiose (silicose), asthme, etc.

Quant aux camions eux-mêmes, ils émettent des substances nocives par leurs gaz d'échappement. Ils sont de plus à l'origine de nuisances sonores, tout comme les chemins de fer d'ailleurs. Le transport par routes ou par rail est consommateur d'espace en raison des voies à aménager.[20].



Figure. IV.4 : la circulation des camions à l'intérieur du site.

IV.7.2.5. Le transport des matériaux par convoyeurs à bande

Les convoyeurs à bande sont très employés dans l'industrie, les mines et carrières pour le déplacement, généralement à courte distance.

Le convoyeur à bande est un système de manutention automatique qui permet de déplacer des produits finis ou bruts d'un poste à un autre par le mécanisme de transmission de puissance.

Le convoyeur à bande est l'équipement de transport continu le plus efficace pour les mines. Comparé à d'autres équipements de transport, il présente les avantages d'une longue distance de transport, d'une grande capacité de transport et d'un transport continu.

Les matériaux sont placés sur la bande par un concasseur, la zone d'alimentation du convoyeur, puis ils sont entraînés tout le long du parcours du transporteur par traction de la bande.

La destination finale des matériaux est un stockage en trémie ou au sol. À cette étape du transport, les granulats chutent à partir de l'extrémité du convoyeur jusqu'au niveau de leur point de stockage[20].

Tableau VI.4 : Poussières émises par les convoyeurs

Sources d'émission	Facteurs aggravants
À l'alimentation du transporteur à bande, la chute des matériaux sur le tapis du transporteur crée un envol de poussières.	<ul style="list-style-type: none"> • Angle de montée du transporteur • Largeur de la bande • Hauteurs de chute de l'alimentation • Problème de l'étanchéité du capotage aux extrémités
Tout au long du parcours du convoyeur, les poussières restent majoritairement fixées sur la surface du granulat (micropoussières).	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de la bande • Mauvaise étanchéité du capotage sur tout le parcours de la bande
Au niveau du retour de bande, les particules les plus fines lorsqu'elles sèchent et tombent au niveau des rouleaux supports.	Nature des matériaux

Le long du parcours du convoyeur, mettre en place un capotage, les poussières étant plus importantes aux extrémités : chute sur la bande pour l'alimenter et chute de la bande vers un appareil ou un silo.

Un système de captation sera installé et la transition entre les différents capotages sera étanchée autant que possible.

Le retour de bande sera traité par retournement, la bande sera nettoyée (racleurs, eau sous pression).

On peut associer un dispositif de captation avec un système de capotage.



Figure IV.3.convoyeurs à bande

IV.4.7. Traitement

- **L'opération de concassage**

La première étape de l'élaboration est la réduction des matériaux bruts. Selon le taux de réduction désiré, les granulats sont fragmentés dans différents concasseurs et broyeurs afin d'obtenir des produits de diamètre spécifique correspondant aux différentes classes granulométriques recherchées par la clientèle ou permettant des opérations de traitement ultérieures.

Cette opération libère des particules fines. Il existe de nombreux types de concasseurs et de broyeurs qui ont des principes d'action adaptés pour réduire la taille des blocs. Les principaux appareils employés dans les installations de traitement de la mine sont :

- ✓ les appareils procédant par écrasement (concasseurs mâchoires et broyeurs giratoires).

La roche est fragmentée par écrasement entre une plaque mobile et une plaque fixe.

Ces appareils sont souvent utilisés au niveau du concassage primaire.

Ils sont peu générateurs de poussières ; les appareils procédant par chocs (broyeurs à percussions, broyeurs à marteaux). Le concassage s'effectue par chocs des percuteurs sur les matériaux.

La géométrie particulière de la chambre de concassage et le fait que les pièces mobiles ont une vitesse élevée favorise la dispersion des « fines » dans le courant d'air induit par la machine.

Cette dispersion est particulièrement importante au démarrage et à l'arrêt car l'appareil fait office de « ventilateur » et disperse la poussière accumulée à l'intérieur.

les appareils travaillant par frottement (broyeurs à barre).

Les broyeurs sont des tambours cylindriques remplis en partie de corps broyant : boulets ou barres cylindriques en acier. Ces appareils fournissent des matériaux de très faible granulométrie, comme les sables, et présentant une forte proportion d'éléments fins. Alimentation d'un concasseur (sables très fileries), pour des revêtements routiers par exemple. Mais leur conception les rend relativement étanches. Ils émettent peu de poussière.

Le concassage et le broyage produisent des fines susceptibles de s'envoler, les pièces en mouvement et la ventilation des appareils (refroidissement) sont également des sources d'envols de poussières.

Le concassage constitue une source permanente de poussières (pendant les heures de fonctionnement de l'exploitation) ; l'importance est variable selon le type de concasseur et selon

sa position dans la chaîne de traitement : un broyeur tertiaire produit plus de fines que le concassage primaire

- ✓ Toutes les installations depuis la préparation mécanique à savoir le concasseur giratoire primaire et la bande transporteuse d'une longueur de 03,7 km, de la trémie de chargement demeurent parmi les sources les plus importantes de dégagement de fines particules ferrifères dans l'atmosphère traduit entre autres par la dégradation des éléments du capotage du convoyeur à bande, transportant la charge utile de granulométrie 0 \ 250 mm. Le personnel de la station de concassage est tout aussi concerné par ces risques étant donné l'existence des moteurs électriques, courroies, et des équipements de concassage.

Tous ces éléments font de la station de concassage un poste à haut risque d'accidents qui peuvent être mortels.



Figure. IV.4: concasseur giratoire et Exemple sur le phénomène de lessivage du minerai de fer de Boukhadra à la sortie concasseur.

Tableau IV.5 : précédent montrent que lieux de prélèvement représentent des sources d'émission de poussières

Tableau IV.1: Les principales normes de l'atmosphère d'une mine souterraine. [18]

Unité	lieu de prélèvement	poste de travail	concentration moyenne des poussières (mg/ m3)	
B O U K H D R A	1 Concasseur	➤ Surveillance de	10.96	08.19
	2. La navette (la bande)	I 'installation	12.17	09.30
	3. Quartier 06	➤ Concasseurs	08.85	06.62
	Mai	➤ Conducteur de La navette	08.84	06.61
	4. Chargement sur post	➤ Sondeur ➤ Poste demanipulation	10.96	08.19

Les résultats de prélèvement affichés sur le tableau précédent montrent que lieux de prélèvement représentent des sources d'émission de poussières respirables dépassent les valeurs des seuils limites arrêtés par la norme sanitaires Connus universellement. Ceci signifie que les agents affectés aux lieux sur cités sont les plus exposés aux risques des maladies liées à la poussière (pneumoconiose).

IV.4.8.mise à Terril

Les roches stériles de la carrière de Boukhadra sont souvent entreposées sur des terrils. Des quantités importantes de stériles sont gérées dans la plupart des mines d'extraction de métaux qui sont exploitées à ciel ouvert. Le transport s'effectue par camion. Les terrils font l'objet d'une surveillance destinée à contrôler la stabilité de la structure.

La nature grossière des matériaux, l'action même de déversement par le camion, l'étalement et le compactage en fines couches au moyen d'une machine à chenilles et parfois d'un rouleau vibrant, tous ces facteurs permettent de stabiliser les matériaux pendant et après leur mise en dépôt.

Les émissions de poussière par les terrils peuvent être relativement importantes. Si les stériles sont transportés par camion, il faudra éventuellement arroser les circuits de transport en cas de sécheresse].

IV.5. Les paramètres de climat de la mine

Par atmosphère des travaux miniers, on veut désigner l'ensemble des paramètres qui forment le microclimat de la mine. Ces paramètres sont :

- La composition chimique de l'atmosphère de la mine ;
- La température de l'air ;
- L'humidité de l'air ;
- La poussière de la mine.

IV.5.1. Atmosphère de la mine

L'air contient environ 21% d'oxygène et 79% d'azote, on y trouve des quantités extrêmement faibles de CO₂, environ 0,04 %, ainsi que des gaz rares à l'état de traces.

Pour le maintien de la santé de l'homme et de son aptitude au travail, la teneur en oxygène dans les chantiers en activité, d'après les règlements de sécurité, ne doit pas être inférieure à 20% en volume.

Les règlements de sécurité exigent :

- 1) que la teneur en gaz carbonique dans tous les lieux de travail souterrain, ne soit pas supérieure à 0,5 % et dans le courant général de retour d'air ne dépasse pas 1% ;
- 2) la teneur de CO est fixée à 0,0016 % ;
- 3) la teneur en hydrogène sulfuré dans l'air de la mine soit inférieur à 0,00066 % en volume ;
- 4) la teneur en oxydes d'azote dans l'air de la mine soit inférieur à 0,001 % en volume.[21] .

IV.5.2. Parties principales de l'atmosphère

Les parties principales d'atmosphère de la mine ainsi que celles de l'air atmosphérique Sont :

▪ OXYGENE (O₂) :

L'Oxygène est un gaz incolore, inodore et dont le poids spécifique (par rapport à l'air) est 1,11. L'homme absorbe pendant la respiration (1/5) de l'oxygène c'est -à-dire la contenance d'oxygène dans l'air exprime est égale à 17 % et le gaz carbonique à 1 %, la nécessité en oxygène au-dessus de 12 ù.

La contenance d'oxygène peut s'abaisser de 1 à 2 % pendant une explosion de la Poussière et de gaz, l'hors des incendies souterrains ainsi que dans les ouvrages non Aérés. A ces conditions la perte de connaissance vient dans un ou deux minutes, et vient la mort clinique. La contenance de l'oxygène dans l'atmosphère des mines diminue à cause des processus Oxydes. Les gaz dégagés l'hors de la respiration des hommes à cause du travail des moteurs à combustion interne, des travaux de tir et d'autres processus exigeants la dépense de

l'oxygène, un objet brûlant peut être indicateur de l'oxygène, la combustion s'arrête à 16,5 ≡ 17,5 % d'oxygène quand l'homme est encore hors du danger mortel.

▪ **GAZ CARBONIQUE (CO₂) :**

C'est un gaz incolore inodore et son goût est faiblement acide, sa densité est de 1,52. Avec une teneur de 5 à 10%, le gaz carbonique agit principalement sur l'intensité de respiration, même au repos devient trois fois plus rapide et le travail provoque une grande fatigue, avec 5 à la respiration devient très pénible avec 6 % une faiblesse se manifeste jusqu'à 10 % et au-dessus, une «SYNCOPE» peut survenir et de 20 à 25 % et au de là, l'homme est menacé d'une intoxication mortel.

La teneur en gaz carbonique dans tous les lieux de travail souterrain ne doit pas être supérieure à 0,5 % et dans le courant de retour ne dépasse pas 7 %, un objet brûlant s'éteint à 3,5 à 4,5 % du (CO₂), quand l'homme est encore hors du danger mortel, le gaz carbonique plus lourd que l'air se concentre habituellement près du mur de l'ouvrage et pour s'assurer de sa présence il convient de le mesurer vers le sol.

Des quantités considérables du gaz carbonique peuvent s'accumuler au fond des ouvrages descendants, pour cette raison avant d'entrer prendre de descendre dans les puits de recherches abandonnés, ou autre ouvrages similaires, il faut procéder à la vérification de la pureté de l'air en descendant préalablement une lampe allumée Comme appareil analyseur de teneur du CO₂.

▪ **AZOTE (N₂) :**

L'azote est un gaz incolore, inodore, son goût est sa densité est de 0,97, l'azote est Pratiquement inerte, il est dangereux par ce qu'il diminue la teneur en oxygène dans l'air. Dans les mines l'azote peut se dégager.

IV.5.3. Additions toxiques de l'atmosphère de la mine

Les additions toxiques principales de l'atmosphère de la mine sont :

- L'oxyde de carbone (CO).
- Oxygène (O₂).
- Azote (N₂).
- Hydrogène sulfuré (H₂S).
- Gaz sulfureux (SO₂).

Dans certains cas il y a encore l'ammoniac, l'acroléine, l'aldéhyde, cyanure D'hydrogène, les vapeurs d'arsenic [21].

IV.5.4. Addition explosible de l'atmosphère de la mine :

ELEMENTS	NORME
Oxygène	> 20 %
CO ₂	< 0,5 %
CO	< 0,0016 %
NO, NO ₂	< 0,001 %
H ₂ S	< 0,00066 %
SO ₂	< 0,00035 %
CH ₄	< 0,75 %
Température	< 26°C
Humidité	< 90 %
Vitesse de l'air	< de 3 à 6 m/s suivant les cas > de 0,15 à 0,25 m/s suivant les cas
Poussière (> 70 % SiO ₂)	< 1 mg/m ³
Poussière (10-70 % SiO ₂)	< 2 mg/m ³
Poussière (< 10 % SiO ₂)	< 4 mg/m ³

Les gaz explosibles qui se trouvent le plus souvent dans les mines sont :

- Le Méthane (CH₄), et parfois l'Hydrogène (H₂).

Tableau IV.

IV.6. Les poussières :

La technologie des exploitations minières est liée à l'abatage des roches qui s'accompagne d'un dégagement d'une quantité importante de poussière, une partie de Celle-ci se dépose par terre et autre partie reste en suspension dans l'air dont la Dimension est inférieure à 5 μ .

La présence de la poussière dans la mine entraîne deux dangers :

- 1) les poussières combustibles peuvent former avec l'air des mélanges à caractère explosif;
- 2) Les poussières sont à l'origine de plusieurs maladies professionnelles. Une norme sanitaire de la teneur de la poussière dans l'air pour les roches contenant plus de 10 % de silice SiO₂ est fixée à 2 mg/m³ et pour les poussières provenant des autres minéraux, la teneur en poussière ne doit pas dépasser 10 mg/m³.

IV.5.VENTILATION DES MINES

IV.5.1.Généralité

L'aérage d'une mine consiste en l'approvisionnement des travaux du fond en air frais respirable. Le déplacement de l'air dans les galeries indispensable pour l'aérage des mines peut être réalisé soit à l'aide de mécanismes, ventilateurs, installés spécialement (**aérage artificiel**), soit sans mécanismes (**aérage naturel**) [21]

IV.5.2.Aérage naturelle

Dans l'aérage naturel, le mouvement de l'air est provoqué par la différence de températures de l'air à l'entrée et à la sortie, ce qui détermine la différence de leurs poids spécifiques, Le défaut du tirage naturel est la variabilité de la quantité d'air entrant dans la mine, puisque la valeur de la dépression naturelle qui dépend de la température extérieure, peut varier non seulement au cours de l'année mais même au cours de 24 heures. Avec ceci, il peut toujours y avoir des périodes de stagnation plus au moins prolongées, quand l'air se trouve dans un état d'équilibre instable et quand l'aération de la mine ne se produit pas. C'est pourquoi l'aération naturelle n'est adoptée que dans les mines peu profondes, de faible rendement et qui exploitent des gisements non grisouteux.

IV.5.3.Aérage artificiel

Dans d'autres cas, la ventilation naturelle insuffisante on doit alors prévoir l'installation de ventilateurs (la ventilation mécanique) [23].

IV.6.CONCEPTS GÉNÉRAUX DE VENTILATIONS

Les dispositifs de ventilation installés en souterrain se rattachent à un nombre réduit de fonctionnements de base .quelle que soit la technique de creusement et de réalisation des structures intérieures :

- Ventilation soufflante ;
- Ventilation aspirante ;
- Ventilation combinée.

IV.6.1.Ventilation soufflante

En ventilation soufflante, Consiste à envoyer l'air **frais** à travers la canalisation d'aérage directement au front



Figure IV.6: ventilation soufflante.

Ce mode est appliqué pour les mines dégageant des gaz plus lourd que l'air ($\sigma_{CO_2}=1.52$ kg /m³)

Avantages de la ventilation soufflante

1. La zones les plus actives des ateliers de travail au front (et éventuellement au droit des ateliers situés en arrière) sont alimentés en air neuf.
2. La vitesse d'éjection de l'air permet un bon balayage du front. La dilution des gaz polluants et bien assurée.
3. Le ventilateur, en général à l'extérieur, reste fixe et indépendant de l'avancement du front.
4. Il est possible de maîtriser la température de l'air apporté.

Inconvénients de la ventilation soufflante

1. Les poussières et notamment la silice sont dispersées
2. Même dilué le bouchon de tir ou les pollutions générées au front parcourent tout le tunnel et nécessitent l'évacuation de l'ensemble du personnel en souterrain, temps important dans le cycle de travaux.
3. Les gaz de tir qui se dégagent du tas de marin pendant le marinage ne sont pas repris à la source.
4. Le gradient de pollution croit depuis le front jusque vers l'extérieur.
5. Les ateliers en arrière du front se trouvent dans le retour d'air pollué par le front.
6. L'air froid envoyé à front, s'il n'est pas réchauffé au préalable, peut entraîner un grand inconfort en hiver.
7. L'air pollué ressortant du tunnel ne peut pas être traité En cas d'incendie on ne peut pas extraire les fumées.[24]

IV.6.2. Ventilation aspirante

Ventilation aspirante consiste à aspirer l'air vicié du front à travers la canalisation d'aérage, ce qui a pour effet de créer dans la galerie un courant d'air en direction du front.



Figure IV.7: Ventilation aspirante.

Ce mode est adapté dans les mines dégageant les gaz dont le poids volumique comparé par rapport à l'air est plus faible ($\sigma_{air}=1.2 \text{ kg/m}^3$, $\sigma_{CO}=0.97 \text{ kg/m}^3$)

Avantage de la ventilation aspirante

1. Permet l'aspiration des polluants à la source, notamment des poussières et des gaz dégagés au marinage (front et éventuellement ateliers répartis en arrière) ;
2. Donne une évacuation rapide du bouchon de tir, sans qu'il pollue l'ouvrage en arrière du front ;
3. N'amène pas d'inconfort de température pour le chantier à front ;
4. Permet de traiter le rejet d'air pollué à la sortie d'ouvrage ;
5. Apporte un balayage d'air neuf de l'extérieur vers le front ;
6. Peut extraire des fumées d'incendie.

Inconvénients de la ventilation aspirante

1. Le ventilateur doit être installé en galerie (sauf à utiliser un conduit rigide depuis l'extérieur vers le front) ;
2. Le gradient de pollution augmente de l'extérieur vers le front ;
3. Toute la pollution est ramenée vers la zone la plus active à front ;
4. Pour des raisons pratiques, si le point d'aspiration reste loin du front, l'extrémité [25]

IV.7. Analyse des rejets atmosphériques au niveau de la mine de Boukhadra :

Les paramètres d'analyse des émissions atmosphériques sont régis par le décret exécutif n°06-138 du 15 avril 2006, réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

Tableau IV.6 : Analyse des rejets atmosphériques au niveau de la mine de Boukhadra
(02/04/2024)

Paramètre	Unité	Résultats d'analyse			Valeurs limites (*)	Appareillage utilisé
		Prélèvement au niveau du poste 30	Prélèvement au niveau du voisinage	Prélèvement au niveau du concasseur		
Poussières totales	Mg/ N m ³	0,07	0,01	0,09	50	Analyseur de poussière Model: ADR 1500

(*) : Décret exécutif n°06-138 du 15 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents atmosphériques industriels.

➤ Les résultats obtenus sont conformes aux valeurs limites tolérées par le DE n°06-138.

IV.7.1. Enquête de gêne du voisinage

Les habitations qui sont limitrophes aux axes des pistes de roulages sont exposées journallement aux émissions de poussières et les répercussions néfastes sur leur état de santé et d'une manière générale sur la qualité de vie.

Les concentrations d'émissions gazeuses ne sont pas, bien sûr, permanentes ; elles varient de façon aléatoire en fonction du climat, du sens de circulation des vents dominants locaux et saisonniers et en fonction de la densité du trafic durant le premier poste et le deuxième poste de production. La poussière pose un problème aux habitations avoisinantes et au niveau personnel activant au niveau de la carrière.

Le mouvement permanent des équipements et engins de carrière et de la station de concassage émet des poussières.

IV.8.Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons présenté les généralités et petite rappel sur les poussières, aussi différentes sources des émissions de poussières par opération d'exploitation au niveau de la mine de fer de Boukhadra.



Chapitre V :

Mise en œuvre d'un
programme de lutte
contre les émissions de la
poussière de la carrière

Chapitre V :**VII. 1. Introduction**

La poussière pose un problème très crucial aux habitations avoisinantes et au personnel activant au niveau de la carrière. Le mouvement permanent des équipements et engins de carrière et de la station de concassage émet des poussières d'une grande densité qu'il faut combattre sans cesse par les moyens suivant :

REDUCTION DES NUISANCES GENEREES**VII.2. Mesures de prévention contre les poussières****❖ Programme de reboisement mis en place par la mine**

La mine de Boukhadra un programme de reboisement qui est entamé depuis quelques mois, avec la plantation de 2 000 arbres jusqu'à présent. Ceci dans le but d'atténuer la propagation de la poussière vers les habitations proches.

❖ Programme d'arrosage mis en place par la mine

L'arrosage des pistes se fait quotidiennement par camion à raison de 5 voyages par jour.

Recommandations :

Pour renforcer les mesures de préventions existantes contre les émissions de poussières, il est proposé quelques recommandations en renfort. Deux types de mesures sont proposés :

VII.3. Mesures de lutte contre la propagation des poussières émises**❖ Mesures limitant l'impact du vent**

Le vecteur des poussières dans l'environnement est en majorité le vent. Aussi, pour protéger l'activité de l'action du vent, il faut soit soustraire les activités sensibles par la mise en place d'écrans, soit éviter de pratiquer les activités sensibles en période de vent fort. Les mesures possibles sont les suivantes :

- ✓ Réaliser certaines opérations (décapage de la découverte, terrassements, etc.) les jours sans vent et/ou en choisissant des périodes humides de l'année.

Il s'agit des activités ponctuelles qui seront programmées après analyses des statistiques météorologiques, ou qui seront reportées si les conditions météorologiques sont trop défavorables ;

- ✓ Limiter les surfaces ouvertes sur lesquelles le vent peut agir. Le décapage est phase en fonction des besoins annuels, la remise en état est conduite de façon coordonnée. Il

pourra être envisagé de réaliser une végétalisation provisoire afin de soustraire une surface à l'érosion éolienne ;

Edifier des écrans, sous forme de merlons, et planter des arbres en périphérie du site permettent de freiner l'action du vent sur le site. L'efficacité est bien entendu fonction de la position des écrans par rapport aux sources, un écran n'étant efficace que s'il est proche de la source. Les merlons restent peu efficaces pour les poussières les plus fines formant des aérosols.

Il peut s'avérer nécessaire de créer de nouveaux écrans lorsque l'exploitation progresse ou lorsque les écrans naturels se trouvent soumis à l'extraction. La morphologie des aménagements doit être étudiée avec précision pour éviter le renforcement local de la nuisance par effet Venturi.

Les plantations d'arbres sont plus ou moins efficaces. Placées en amont, elles limitent l'action des vents sur le site. En aval, elles piègent une partie des poussières entraînées par les vents. Le choix des essences plantées est important. S'il semble préférable d'utiliser des plantes à feuillage persistant, il faut s'interroger sur l'adaptation de la plante au milieu d'accueil (nature du sol, eau et nutriments dans les terrains supports).

Dans un souci d'insertion paysagère, il est recommandé de choisir les espèces en fonction de la palette de plantes présentes dans les environs [26].

VII. 4. Mesures de lutte à la source

❖ L'abattage des poussières

L'abattage des poussières regroupe les techniques qui utilisent l'eau pour réduire les envols de particules. Différentes solutions existent en fonction de la pression de l'eau, l'apport d'air comprimé et l'addition d'agents mouillants.

- ✓ Arrosage = eau basse pression répandue sur une piste avec du matériel agricole
- ✓ Atomisation = eau basse pression (moins de 3 bars) pulvérisée avec de l'air comprimé
- ✓ Nébulisation = eau haute pression (plus de 50 bars) projetée en brouillard pour particules fines.

➤ Actions directes recherchées

- Dans une masse d'air, piéger les particules en suspension avec des gouttelettes d'eau pour qu'elles retombent.

- Sur matériaux secs, mouiller les grains pour qu'ils n'émettent pas de particules (engins, véhicules, vent, etc.).
- Sur stocks en cours (chargement ou déchargement), piéger les particules mises en mouvement par les matériaux pour qu'elles restent avec les matériaux.
- Sur stocks constitués, limiter, par croûtage des surfaces exposées, les envols par érosion éolienne.

➤ **Actions indirect recherchées**

L'eau permet de laver : des surfaces revêtues (roulage, parking, etc.) et prévenir l'envol de fines sous l'action des déplacements, des roues de véhicules avant de sortir d'un site, etc., des bennes de véhicules qui ont conservé les fines du dernier chargement, ce qui peut prévenir un risque de non-qualité comme des envols de particules au chargement.

VII.5.CHOIX DE DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'ABATTAGE

Poste primaire : la pulvérisation sous pression et le système de ventilation dirigé permettent de capter la majorité des poussières, avec 0,1 à 0,3 % d'eau ajoutée par tonne de matériau.

Poste secondaire : l'eau sous pression ou atomisation permet d'abattre les poussières, avec d'autant plus de succès que le confinement est bien réalisé.

Criblage et points de transfert : l'atomisation et la nébulisation sont les techniques les plus adaptées pour combattre le niveau général d'empoussièrement, puisque la poussière est alors remise en suspension dans l'air et ne peut être retenue à la source (problème de colmatage pour les cribles, et bien souvent dimensions insuffisantes des goulottes). Des caissons de décompression sont fortement recommandés dans le cas des transferts [26].

Application par l'exploitant de l'arrosage des pistes, du stock et bande transporteuse avec différents types d'engins mobiles)



- Purification de l'air et opérations d'entretien préventif par procédés d'atomisation ou de nébulisation.
- Propulsion d'un mélange de très fines gouttelettes air + eau ou air + eau + agent mouillant ou eau haute pression + agent mouillant. La technique d'abattage peut également être utilisée avec des appareils de ventilation qui, dirigés vers les sources d'émission de poussières, permettent de les abattre lors des opérations de maintenance. Les gouttelettes, ainsi portées par la veine d'air, sont fragmentées par une pulvérisation haute pression qui permet de garantir des débits très faibles en eau.

Chargement sous trémie (pulvérisation d'eau au-dessus de la benne dans une goulotte-écran centrée sous le casque de distribution)



Mise au stock et déstockage : Peut concerner des stocks sur de grandes aires extérieures alimentés par des appareils mobiles jeteurs (convoyeur, trémie) travaillant à plus ou moins grands débits. Les émissions de poussières produites par ce type de machine sont importantes, car proportionnelles aux débits manutentionnés. L'eau sous pression est une technique d'abattage qui permet de limiter les envois ; l'incorporation d'additif « croûtant » permet de réduire l'érosion des parties exposées.

Cette partie consacrée aux équipements de protection collective permet de proposer un retour d'expérience non exhaustif des moyens de prévention et protection collective permettant d'agir sur la problématique globale d'émission des différentes formes de poussières pour les industries extractives (source : groupe de travail, Sim - Guide de l'employeur). Les dispositifs

ci-après sont présentés par technique de réduction des émissions de poussières : confinement, aspiration et abattage[20].

VII.7.Souterrain ESO

En général, les exploitations mécanisées produisent plus de poussières que celles qui recourent à des méthodes manuelles; certaines méthodes mécanisées en produisent plus que d'autres.

Des poussières sont également produites et mises en suspension dans l'air lors des transferts du minerai abattu entre un véhicule et un convoyeur à bande ou un autre engin de transport.

Il est possible de réduire la production de poussières dans les mines de fer en modifiant les techniques d'abattage; quant à leur dispersion, elle peut être limitée par l'emploi d'une ventilation adéquate et d'eau pulvérisée.

Les phases essentielles de l'exploitation minière souterraine ont été envisagées dans l'ordre suivant :

- Méthodes d'exploitation:
- perforation:
- tir des mines:
- transport [21].

VII.7.1.Méthodes d'exploitation

- 1) Lors de l'établissement des plans d'exploitation d'une mine, on devrait prendre une particulière considération, les moyens de prévenir la formation des poussières et les supprimer en particulier l'influence du dispositif général de l'aéragé.
- 2) La disposition des chantiers d'aéragé le tir et les dispositifs mécaniques utilisés pour abattre et transporter les produits ou les déblais devraient être tel que la production des poussières soit réduites au minimum.
- 3) En règle générale la chute libre des matériaux tant au chantier qu'au cours du transport devrait être réduites au plus possible.

L'engin de chargement utilisé dans les galeries et pour les creusements au rocher est généralement la chargeuse mécanique, pose des problèmes d'empoussiéragé très différents, et la concentration des poussières produites est plus forte, ce qui exige, un excellent aéragé, un arrosage abondant, pour satisfaire aux exigences de la lutte contre les poussières, car l'empoussiéragé n'est pas dans tous les cas le même.

VII.7.2.Perforations

- 1) La perforation au rocher devrait toujours être effectuée de manière à réduire, au minimum, la formation des poussières de forage.
- 2) le système de perforation utilisé, doit évacuer tous les débris de forage du trou.
- 3) la perforation au rocher avec des perforateurs rotatifs ou à percussion.
 - a) en utilisant des taillants en bon état,
 - b) en exerçant une pression convenable sur la taillant
 - c) et en éloignant les débris de forage du taillant.
- 4) L'échappement des marteaux-pneumatiques ne soulève pas de poussières

Toute opération de forage est génératrice de poussières par suite de la concentration d'une grande quantité d'énergie sur une petite surface de roche.

VII.7.3.Tir des Mines

- 1) Le plan de tir, ainsi que la nature et les quantités d'explosifs utilisés devraient être adoptés à la roche ou au minerai à abattre en vue de réduire au minimum la quantité des poussières produites.
- 2) Le nombre des tirs doit être réduit, en particulier par des volées.

Les moyens pour y remédier consistent en ordre principal à faire les minages si possible,

À mouiller les parois (roches et tailles) avant le tir

À pulvériser de l'eau sous forme de brouillard pour rabattre les fumées et les poussières

À maintenir la ventilation secondaire au maximum des possibilités

À proportionner la charge d'explosifs au travail à effectuer.

Pour conclure :

Pour réduire ce dégagement de poussières, il faut :

- a) réduire le plus possible le nombre de tirs en ayant recours par exemple à de grandes volées.
- b) bien choisir l'explosif qui doit être adapté à la roche que l'on veut abattre ou ébranler ;
- c) utiliser la quantité optimum d'explosif en vue du but à atteindre.

Les remèdes préconisés pour supprimer ces poussières sont basés sur :

- l'injection d'eau dans le fourneau de mine ;
- l'aspiration des débris de forage.

Le débit de la ventilation secondaire doit au moins valoir 1 m³/sec: dans le cas de la ventilation soufflante.

L'élimination des poussières par pulvérisateurs dans la galerie même est fonction de la Section de la vitesse de l'air dans les travers-bancs.

Si la section dépasse 5 à 7 m² et si la vitesse de l'air est supérieure à 15 à 20 m/min. il est recommandé de diriger le jet des pulvérisateurs dans le sens inverse du courant d'air.

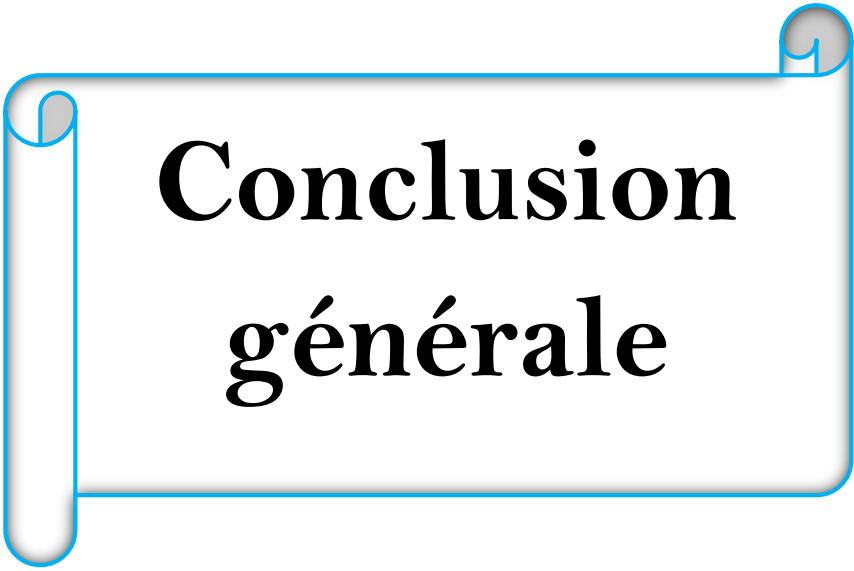
VII.7.4. Transport

Généralités :

- 1) Au cours du chargement et du transport, l'humidification devrait, être répétée.
- 2) Les points de chargement de transbordement et de déversement devraient être aménagés à réduire le plus possible la désagrégation des matières transportées.
- 3) Le nombre des points de transbordement devrait être aussi réduit que possible.
- 4) Les engins de transport devraient réduire la chute des matériaux.
- 5) les galeries transport devraient être maintenues en bon état et les poussières devraient en être enlevées.
- 6) L'échappement des moteurs à air comprimé ou à combustion interne ne soulève pas de poussières.
- 7) Les points de transbordement et de chargement devraient être construits de manière à éviter la dispersion des poussières dans l'air, ou les poussières produites devraient être supprimées par des procédés humides ou secs.

VII.7.5. Berlines.

- 1) La charge devrait être arrosée dès la fin du chargement, pour empêcher le soulèvement des poussières au cours du transport.
- 2) Dans les galeries on utilise exclusivement dans nos gisements le roulage par berlines ou le transport continu.
- 3) Dans le transport en galerie, la lutte contre les poussières peut être conduite d'une manière plus approfondie que dans le transport en taille, avec une précipitation par voie humide ou en liaison avec le captage à sec par aspiration.



**Conclusion
générale**

Conclusions Générale :

La production d'éléments fins sur une carrière est inévitable. Les moyens techniques disponibles permettent, si ce n'est d'éliminer totalement les poussières, de maîtriser les différentes sources d'envols.

Une réflexion doit être conduite dès la conception du projet d'exploitation. Une industrie qui prépare sa fermeture dès les premiers jours de son Ouverture.

Les sources de poussières sont identifiées et les sensibilités de l'environnement reconnues.

De nombreux systèmes de lutte contre les poussières utilisent de l'eau : il faudra rechercher l'efficacité tout en économisant la ressource en eau.

Pour être efficaces, les techniques de traitement des poussières doivent être utilisées correctement : sensibiliser et former le personnel.

Il reste que la quantification des poussières émises est délicate au-delà des rejets canalisés qui ne représentent qu'une part des rejets des carrières.

Les nombreux paramètres influant sur les résultats des mesures les rendent difficiles à interpréter. Les calculs d'incertitudes montrent les limites des mesures.

La problématique des poussières n'est pas un domaine achevé. Les entreprises d'exploitation de carrières resteront attentives aux évolutions techniques, afin de lutter contre les émissions de poussières



Bibliographie

Références bibliographiques

- [1] : A.chibka. Exploitation des gisements métallifères. OPU office des publications Universitaires.1989.
- [2] : Arcelor Mittal étude de dangers actualisation mine de Boukhadra centre national des technologies de production plus propre c.n.t.p.p 2017.
- [3] : Gadri Larbi ., étude de la déformation et de la rupture des massifs fissurés par la méthode des éléments finis « cas de la mine souterraine de Boukhadra». Thèse doctorat en science option exploitation minière Annaba 2012.
- [4] :Manchar Nabil., étude comparative de deux gisements de fer en contextes géologiques distincts .le gisement de sidi marouf (petite Kabylie, Jijel) et de Boukhadra (monts du mellegue, Tébessa) Algérie nord orientale. Mémoire Magister en géologie Constantine 2007.
- [5] : Plan d'exploitation de la mine de Boukhadra 2015.
- [06] : Documents de Boukhadra (réalisés par la DED) (géologues, topographes, techniciens, Etc.).
- [07] : Cours d'exploitation des mines à ciel ouvert : par Mr.N. Kamulete Mudianga : Université de Lubumbashi
- [08] : Arcelor-Mittal Ouenza et Boukhadra. Estimation de ressources et planification minière. Novembre 2011.
- [09] : Fredj Mohamed. Etude du régime de forage dans les conditions de la carrière de calcaire (Chouf-Amar M'SILA). Mémoire Magister en Mines. Génie Minier. Annaba.2012
- [10] :Ben youcef Ali Ahmed proposition d'une méthode d'exploitation à ciel ouvert pour les réserves programmées en souterrain du gisement de fer de Boukhadra
- [11] :Boudiar Taki-Eddine optimisation des paramètres d'exploitation de la 4eme phase de la mine souterraine de Boukhadra Mémoire Master 2 en Mines. Exploitation minière . Tébessa .2015 /2016.
- [12] :Documents fournie par l'entreprise, « les plans topographiques et géologiques de la mine, la géologie de la mine ».
- [13] :A.chibka. Exploitation des gisements métallifères. OPU office des publications Universitaires.1989.

Bibliographie

[14] :Gadri Larbi .,étude de la déformation et de la rupture des massifs fissurés par la méthode des éléments finis « cas de la mine souterraine de Boukhadra». Thèse doctorat en science option exploitation minière Annaba 2012.

[15] :GHarbi. Kouider. L'adaptation du plan de tir à la blocométrie: Un enjeu capital pour un haut rendement minier. Mémoire d'ingénieur –Génie Minier Polytechnique- 2006/2007.

[16] : Plan d'exploitation de la mine de boukhadra

[17] : Audit enviromental(2023)

[18] : Expert en étude géologiques et minières et environnement : B.E.CHERIET MED FAOUZI

[19] : PRÉVENTION DES RISQUES LIÉS AUX ÉMISSIONS DE POUSSIÈRES EN CARRIÈRES

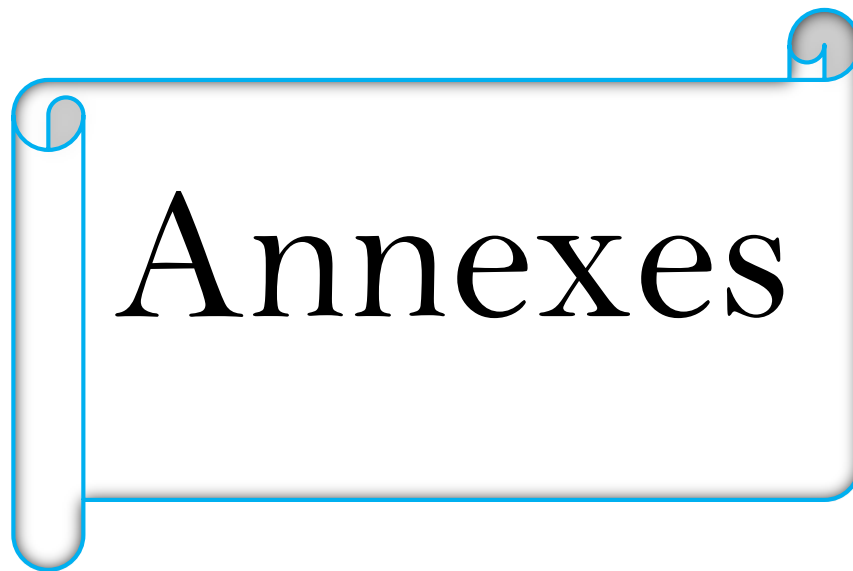
[20] Carrières, poussières et environnement ENCEM février 2011

[21] : livre d'exploitation des mines B.BOKY « Edition Mir Moscou 1968» p (725 -778).

[22]mémoire d'ingénieur d'état en Géologie « 2007-2008UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF » Contribution à l'étude des problèmes environnementaux et de sécurité sur l'exemple de la mine souterraine de Chaabet El-Hamra (Ain Azel, Wilaya de Sétif) p (30-34).

[23] : document Word ‘’EXPLOITATION SOUTERRAINE - Institut Algérien des Mines’’ - HASBELLAOUI Mustapha-Expert en Etudes géologiques et minières (Générale des Mines).

[24]document Recommandation de L'AFTES « ventilation des ouvrages souterrain en cour de construction » « tunnels et ouvrages souterrain N - 176 – Mars / avril 2003»p.



Annexes

Cadre législatif

- **Loi n° 01 - 19** du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
- **Loi n° 03-10 du 19** Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Loi n° 01-10** du 03 juillet 2001 portant la loi minière.
- **Ordonnance n° 07-02** du 1er mars 2007 modifiant et complétant la loi n° 01-10 du 3 juillet 2001 portant loi minière.
- **Loi n° 07-04** du 17 avril 2007 portant approbation de l'ordonnance n° 07-02 du 1er mars 2007 modifiant et complétant la loi n° 01-10 du 3 juillet 2001 portant loi minière.
- **Décret exécutif n° 93-74** du 6 mars 1993 portant règlement général des exploitations des substances minérales.
- **Décret exécutif n° 93-160** du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.
- **Décret exécutif n° 93-161** du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.
- **Décret exécutif n° 93-162** du 10 juillet 1993 fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées.
- **Décret exécutif no 93-165** du 10 juillet 1993 réglementant les émissions atmosphériques de fumées, gaz, poussières, odeurs et particules solides, des installations fixes.
- **Décret exécutif n°93-184** du 27 juillet 1993 réglementant les émissions de bruit.
- **Décret exécutif n°03-410** du 05 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions de fumées, gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles.
- **Décret exécutif no 06-02** du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique
- **Décret exécutif n°06-104** du 29 Moharram 1427 correspondant au 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.

- **Décret exécutif n° 06-138** du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle
- **Décret exécutif n° 06-141** du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels
- **Décret exécutif no 06-198** du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- **Décret exécutif no 07-144** du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- **Décret exécutif n° 07-145** du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.
- **Instruction n° 09** du 26/06/1986 relative à la protection de la santé des travailleurs exposés aux nuisances sonores (bruit).
- Note circulaire du Ministère de l'Energie et des Mines n° 03/DPP/CAB/2004 du 03-03- 2004
- Termes de référence définis par le Ministre de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (MATET).

TABLEAU : AFFECTIONS CONSECUTIVES AU TRAVAIL AU FOND DANS LES MINES DE FER

Designation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Cancer broncho-pulmonaire primitif. Emphysème objective par des signes tomodensitométriques et des altérations fonctionnelles de type obstructif ou, lorsqu'elles existent, par des constatationsatomopathologiques	40 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 10 ans) 15 ans (sous réserve d'une durée d' exposition de 10 ans)	Travaux effectués au fond dans les mines de fer.

Tableau : Différentes catégories des roches qui contiennent du minerai de fer.

Minerai	Répartition chimique	Couleur	Caractéristiques
Minerais oxydés			
Magnétite Fe₃O₄	72,36% fer 27,64 % oxygène	Gris foncé à noir	C'est une roche très magnétique avec laquelle on utilise des techniques de concentration magnétique pour produire ensuite des produits de haute qualité.
Hématite Fe₂O₃	69,94% fer 30,06% oxygène	Gris acier à rouge vif	L'hématite est l'un des principaux minerais de fer. Cette roche a une dureté de 5,5 à 6,5 selon la famille à laquelle elle appartient. C'est la forme de roche la plus répandue à la surface de la terre et le plus souvent employée dans l'industrie.
Limonite (ou Hématite brune) Fe O(OH).nH₂ O	62,85% fer 27,01%oxygène 10,14% eau	Jaune ou marron, parfois noir	C'est également une source importante de minerais à travers le monde. Elles sont à la fois oxyde et hydroxyde de fer. La goethite qui est une sorte de limonite se rencontre souvent en

			association avec de l'hématite.
Ilménite FeTiO₃	36,80% fer 31,57% titane 31,63% oxygène	Noir	On la rencontre parfois en association avec de petites quantités de magnétite. Elle est généralement exploitée pour le titane qu'elle contient. Le minéral de fer est extrait en tant que sous produit au cours du traitement de la roche. Contrairement à l'hématite ou à la magnétite, .

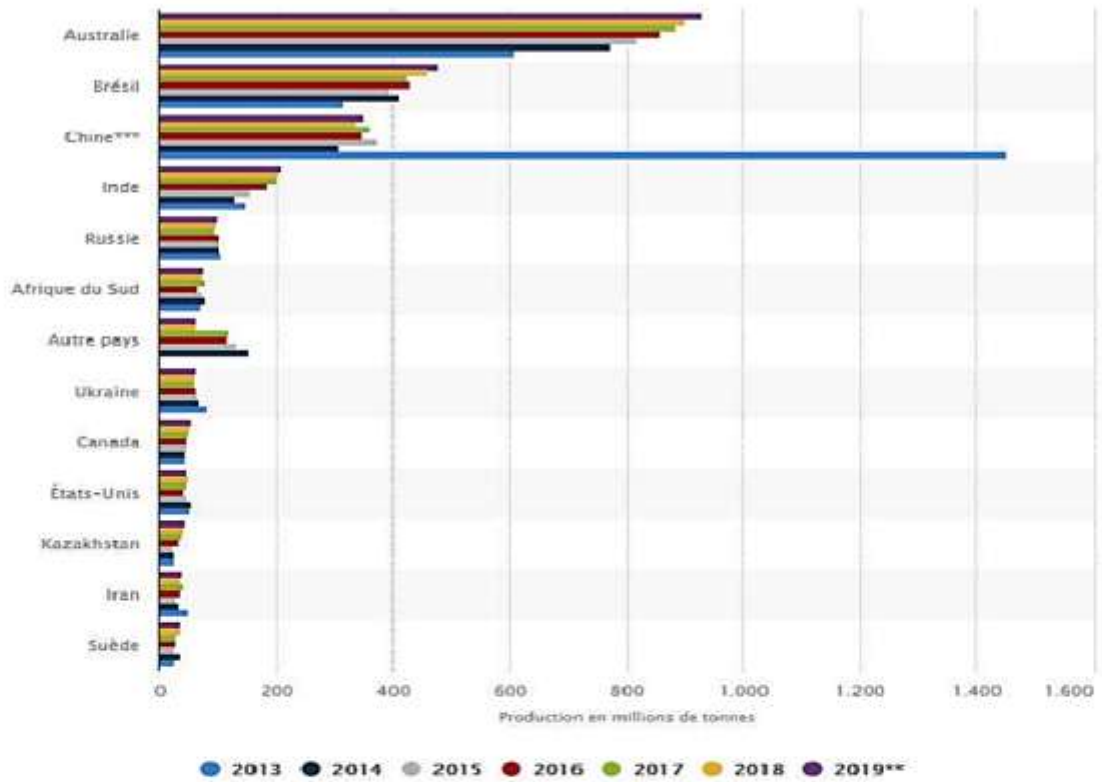


Figure : Représentation de la production mondiale du minerai de fer (2013 et 2019).

Tableau: Les principales normes de l'atmosphère d'une mine souterraine.

ELEMENTS	NORME
Oxygène	> 20 %
CO ₂	< 0,5 %
CO	< 0,0016 %
NO, NO ₂	< 0,001 %
H ₂ S	< 0,00066 %
SO ₂	< 0,00035 %
CH ₄	< 0,75 %
Température	< 26°C
Humidité	< 90 %
Vitesse de l'air	< de 3 à 6 m/s suivant les cas > de 0,15 à 0,25 m/s suivant les cas
Poussière (> 70 % SiO ₂)	< 1 mg/m ³
Poussière (10-70 % SiO ₂)	< 2 mg/m ³
Poussière (< 10 % SiO ₂)	< 4 mg/m ³