



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et Géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

Yousfi feriel

Yahiaoui khaoula

Thème

*Etude d'impact d'une activité minière sur
l'environnement : cas des étendues
atmosphériques (mine de fer à ciel
ouvert de Boukhadra)*

Soutenu le 03 /07 /2023 devant le jury composé de :

Présidente	Mme Azizou Z.	M.C.B	U.A.M.Béjaia
Promotrice	Mme kamli O.	M.C.B	U.A.M.Béjaia
Examineur	Mr Akdim A.	M.A.A	U.A.M.Béjaia
Invité	Mr Rebouh N.	Ingénieur	Boukhadra (Tébessa)

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et suivre au terme de ce modeste travail. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nous vifs remerciements à notre promotrice Mme KAMLI.O pour son soutien, son écoute et ses conseils.

Nous tenons également à remercier Mme. AZIZOU.Z d'avoir accepté de présider ce jury.

Nous tenons également à remercier Mr. AKDIM.A d'avoir accepté d'examiner ce travail et pour son soutien et ses conseils.

Nous tenons particulièrement à remercier notre maître de stage Mr. REBOUH.N et Mme. HAML.A.N pour avoir consacré du temps dès notre arrivée, pour nous avoir guidés tout au long du projet, et pour nous avoir toujours vivement encouragés, grâce aussi à leurs conseils avisés, leur partage de connaissance et leur soutien lors de cette expérience, on a pu mener bien notre stage ainsi que tout le personnel de la mine de BOUKHADRA.

Nous tenons à remercier Mme. Souici, Mme Kicher et Mme Tahri pour leurs aides leurs conseils.

Nous tenons également à remercier Mr. ADJISSA pour son aide et tous nos enseignants du département des Mines et Géologie.

Enfin, nous tenons également à exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel au long de notre démarche. Sans oublier l'équipe de plateau technique d'analyse physico-chimique.

Dédicaces

Je dédie ce travail a :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour et ses précieux conseils.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longue année de sacrifices et de privation pour m aidé à avancer dans la vie. Mon précieux frère et ma jolie sœur pour leur soutien

Ma binôme YAHIAOUI Khaoula

Qui a travaillée avec patience et Sans relâcher dans notre travaille

Ma chère cousine NIHAD

La promotion 2023

Tous ceux, qui par un mot, m'ont donné de la force de continuer

Ainsi qu'a toute ma famille

Feriel

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

La mémoire de mon cher oncle HAKIM que dieu préserve son âme dans son vaste paradis. Lui qui à toujours aimé les personnes studieuses et avait un très grand respect pour celles qui étaient assoiffées de science et de savoir.

Mes très chers parents et TATA, source de vie.

Ma sœur qui m'a toujours encouragée à sa façon, à mon frère.

Mes chères tantes, mes oncles et leurs enfants, source de motivation.

Mes proches

FERIEL YOUSFI, chère amie avant d'être binôme.

Tous mes amis de la promo, tout particulièrement RAHIM et ZOUHIR,

Khaoula

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table de matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I : aperçu bibliographique sur l'activité minière et ses impacts	1
I- L'activité minière	1
I.1- Généralités	1
I.2. Définition	1
I.3- Implantation d'un site minier.....	1
I.4- Présentation de la technique d'exploitation d'une mine à ciel ouvert	3
I.4.1- Principe d'une mine à ciel ouvert	4
I.4.2- Les étapes d'exploitation d'une mine à ciel ouvert	5
I.5- Impact d'une activité minière sur l'environnement	7
I.5.1- impact sur le milieu physique	7
I.5.1.1- émissions atmosphérique	7
I.5.1.2- Impact sur le sol et le paysage	10
I.5.1.3- Déchets solide	11
I.5.1.4- Effluents liquides	11
I.5.2- Impact sur le milieu naturel	11
I.5.2.1- La faune et la flore	11
I.5.2.2- Hydrologie	12
I.5.2.3- Hydrogéologie	12
I.5.2.4- Impact de drainage minier acide (DMA)	12
I.5.3- Impact sur le milieu humain	12
I.5.3.1- nuisances sonores.....	12
I.5.3.2- Nuisances vibratoires	13
I.6- Méthodologie d'une étude d'impact environnemental (E.I.E)	13
I.6.1- Identification des sources d'impacts.....	14

I.6.2- Evaluation des impacts environnementaux.....	14
I.7- Législation et norme de qualité de l'air en Algérie.....	18
I.9- Normes international de qualité de l'air.....	19
Conclusion.....	20
Chapitre II : description de la zone d'étude.....	21
II.1- Introduction	22
II.2- Présentation du minerai de fer de BK.....	22
II.3-La localisation géographique de de la wilaya de Tébessa	22
II.4- Présentation de l'environnement physique du site	23
II.4.1- La localisation géophysique de la zone d'étude	23
II.4.2- climat de la zone.....	24
II.4.3- Géomorphologie	24
II.4.4 – Géologie de la zone.....	26
II.4.5- Hydrogéologie	26
II.4.6- Le vent.....	26
II.5 -présentation de l'environnement biologique du sol.....	27
II.5.1 -la flour.....	27
II.5.2- La faune	28
II.6- présentation du milieu humain	28
II.6.1- Population.....	28
II.6.2- Potentialités de développement	28
II.6.3- Secteur économique.....	29
II.7- Cadre géologique.....	31
II.7.1- La morphologie de gisement de BK	31
II.7.2- Etude géologique	32
II.7.3- Position tectonique du massif de Boukhadra.....	34
Conclusion.....	34
Chapitre III : échantillonnage et méthode d'analyse	35
Introduction	36
III.1. Rappels généraux sue les métaux lourds	36
III.1.1 Définitions	36
III.1.2. Effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme	37
III.1.2.1. Les effets sur l'environnement	37
III.1.2.2 contaminations des sols	37
III.1.2.3. Contamination de l'air	38
III.1.2.4 Contamination de l'eau.....	38

III.1.2.5 Effet sur la santé humaine	39
II.2- Échantillonnage	39
II.2.1- Définition.....	39
II.2.2-Echantillonnage systématique	39
II.3 Préparation des échantillons	42
III.4. Méthodes d'analyse	46
III.4.1. Diffraction par Rayons X (DRX) :	47
III.4.2 Fluorescence X (FX)	48
III.4.3 la spectrométrie d'absorption atomique (SAA).....	49
Conclusion.....	49
Chapitre IV : résultats et discussion	53
Introduction	54
1. Echantillons de référence (minerai + stérile).....	54
IV.1. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la diffraction des.....	56
rayon X	56
Poussière route d'exploitation 1030 (in situ).....	66
IV.2. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la spectrométrie de fluorescence X	76
IV.3. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la spectrométrie d'absorption atomique	
SAA	85
Conclusion.....	87
Conclusion générale	89
Références bibliographiques.....	90
Annexe.....	93
Résumé :	118

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE. I

Figure I.01 : Implantation d'un site minier.....	03
Figure I.02 : Composantes d'une mine à ciel ouvert.....	05
Figure I. 03 : Principales étapes d'exploitation d'une mine à ciel ouvert.....	07
Figure I. 04 : Démarche d'évaluation des impacts environnementaux.....	15

CHAPITRE. II

Figure II. 01 : Localisation de la mine de Boukhadra.....	24
Figure II.02 : rose des vents de la région de Tébessa, (année 2023).....	27
Figure II. 03 : Gisement de Boukhadra.....	32

CHAPITRE. III

Figure III.01 : Point de prélèvement des échantillons sol et plante à l'intérieur de la mine.....	41
FigureIII. 02 : point de prélèvement des échantillons de sol et végétation en dehors du champ minier.....	42
Figure III. 03 : Protocole De Présentation Du Minerai et Stérile De Boukhadra.....	43
Figure III. 04 : Concasseur à mâchoire de laboratoire.....	44
Figure III.05: Mortier... ..	45
Figure III.06 : Préparation des échantillons de sol.....	46
Figure III. 07 : Préparation des échantillons de plante.....	47
Figure III. 08 : : Appareil PANalytical.....	49
Figure III.09 : Spectromètre d'absorption atomique du laboratoire du type : Agilent.Technologies 5900.....	50

CHAPITRE IV

Figure IV.01: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon minerais de fer	57
Figure IV. 02 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon minerais de stérile	58
Figure IV.03: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S. 1030 in	59
Figure IV. 04 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.N1out	60
Figure IV. 05 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.E3 out	61
Figure IV. 06 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.O2 out	62
Figure IV.07: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.O3 out	63
Figure IV.08 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.S2 out	64
Figure IV.09: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.S3 out	65
Figure IV.10 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss.conc in	67
Figure IV.11 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss. 1030 in	68
Figure IV.12: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss.2000 out.....	69
Figure IV.13: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss.1000 out.....	70
Figure IV.14 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.1030 in.....	71
Figure IV.15 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.S2 out	73
Figure IV.16: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.S3 out	74
Figure IV.17 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.O2 out	75
Figure IV.18 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.O3 out	76
Figure IV.19: histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon minerais de fer	77
Figure IV.20 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon de stérile	78
Figure IV.21: histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.1030 in	79
Figure IV. 22 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.N1 out	80
Figure IV.23: histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.E3 out	81

Figure IV.24 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.O2 out	81
Figure IV.25 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.O3 out	82
Figure IV.26 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.S2 out	83
Figure IV.27 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.S3 out	84
Figure IV.28 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss conc in	84
Figure IV.29 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.1030 in	85
Figure IV.30 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.2000 out	86
Figure IV.31 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.1000 out	87

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE. I

Tableau I.01 : Origine des émissions atmosphériques08

Tableau I.02 : Grille de détermination de l'intensité de l'impact environnemental.....17

CHAPITRE. II

Tableau II.01 : Découpage administratif et superficie des communes de la wilaya de Tébessa.....23

Tableau II.02 : Répartition des zones industrielles de la wilaya de Tébessa.....30

Tableau II.03: Répartition des zones d'activités de la wilaya de Tébessa.....30

CHAPITRE. IV

Tableau IV.01: caractérisation minéralogique de l'échantillon minéral de fer.....56

Tableau IV.02 : caractérisation minéralogique de l'échantillon stérile.....57

Tableau IV.03 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.1030.....58

Tableau IV.04 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.N1.....59

Tableau IV.05 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S. E3.....61

Tableau IV.06: caractérisation minéralogique de l'échantillon S. O2.....62

Tableau IV.07 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S. O3.....63

Tableau IV.08 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.S2.....64

Tableau IV.09: caractérisation minéralogique de l'échantillon S.S3.....65

Tableau IV.10 : caractérisation minéralogique de l'échantillon Pous.conc in.....	66
Tableau IV.11 : caractérisation minéralogique de l'échantillon pouss. 2000	67
Tableau IV.12 : caractérisation minéralogique de l'échantillon pouss. 1000.....	69
Tableau IV.13 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. 1030.....	70
Tableau IV.14 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. S2.....	71
Tableau IV.15 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. S3.....	72
Tableau IV.16 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P.O2.....	73
Tableau IV.17 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. O3.....	74
Tableau IV.18 : résultat d'analyse de la SAA.....	88

Introduction générale

Introduction générale

Les phénomènes de pollutions ont pris une importance de plus en plus grande aux plans environnementaux, sanitaires, économiques et politiques. La pollution entraîne des perturbations au niveau biotiques (faune et flore) et des compartiments abiotiques fondamentaux (eaux, sols, atmosphère).

La plupart des composantes de l'environnement peuvent être affectées lors de la réalisation des activités reliées à un projet minier. L'eau, le sol, l'air, la végétation, la faune et le paysage seront touchés avec plus ou moins d'impact selon la dimension du site. Notre rôle en tant que minier et de mesurer les impacts vis-à-vis justement des dimensions de site en question, et si les impacts seront clos au site ou les dépasserons aux contours environnants.

La question à laquelle on devra répondre est sûre qu'elle distance les impacts de notre exploitation s'éloigneront.

Le gisement ferrifère de la région de Boukhadra représente l'une des richesses fondamentales dont dispose l'Algérie. Cette mine occupe la seconde position en matière d'approvisionnement en minerais de fer au complexe sidérurgique d'El-Hadjar Annaba (après la mine de l'Ouenza) renferme également une réserve évaluée à 54 millions de tonnes de minerai d'une teneur supérieure à 50 % de fer.

Afin d'évaluer l'impact de l'exploitation d'une mine de fer sur l'environnement pour notre cas la mine de Boukhadra. Nous avons sélectionné trois stations situées de part et d'autre et au milieu de la mine. Dans chaque station nous avons prélevés des échantillons de sols, d'eau et des végétaux et la récolte de poussière. Les résultats des analyses physico-chimiques des sols et des eaux ainsi que la poussière et les plantes constitueront l'essentiel de cette étude ; qui s'organise comme suit :

Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique, sur l'activité minière ainsi que ces impacts sur l'environnement.

Le deuxième chapitre s'est orienté vers la présentation du gisement ferrifère de Boukhadra et son environnement.

Le troisième chapitre s'est orienté vers la présentation des différentes méthodes et matériels utilisés pour faire l'échantillonnage et la caractérisation des différents échantillons.

Le quatrième chapitre a porté sur les résultats et leurs interprétations. Nous terminons ce travail par une conclusion.

Chapitre I : Aperçue bibliographique sur l'activité minière et ses impacts

I- L'activité minière

I.1- Généralités

L'activité minière, en particulier les mines à ciel ouvert, peut avoir plusieurs impacts sur l'environnement, y compris sur les étendues atmosphériques.

L'activité minière consiste à valoriser des ressources minérales naturelles dans un sol donné, ce qui est par définition une activité non durable (l'exploitation est soumise aux limites quantitatives d'un gisement non renouvelable à l'échelle d'une vie humaine). Il est donc possible de décrire le cycle de vie de type d'une mine (généralement étalé sur plusieurs décennies) et de le découper en quatre phases distinctes (**Environmental Law Alliance Worldwide, 2010**) avec un début et une fin bien définie. [1]

Parmi les métaux extraits figurent les minéraux métallurgiques (Fer, Cuivre, Plomb, Zinc), les minéraux industriels (Calcaire, Sel, Gemme, Potasse, Gypse), les métaux natifs (principalement l'Or, l'Argent, le Charbon, les Sables bitumineux, le minerai d'Uranium et les pierres précieuses. Par, ailleurs, l'extraction de sable et gravier fait partie des activités minières, tout comme l'extraction dans les carrières de la pierre de taille ou de pierre à monuments. [2]

I.2. Définition

Environnement : c'est l'ensemble des milieux naturels et artificiels, y compris les milieux humains et les facteurs sociaux et culturels qui intéressent le développement [3]

Impact : l'impact peut se définir comme l'effet ; pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité (humaine dur une/ou plusieurs composante(s) de l'environnement, l'impact peut être positif ou négatif. [3]

Etendue atmosphérique (les poussières atmosphérique) : sont des mélanges complexe de substance organiques et inorganiques formée dans un lieu gazeux qui peuvent être solide, ex poussière et/ou liquide (ex : eau en suspension) [4]

I.3- Implantation d'un site minier

La prospection : également appelée exploration, cette phase est destinée à quantifier un gisement minéral. (Profondeur, étalement, type de matrice, concentration du minerai. etc.) à l'aide de cartes géologiques existantes et de rapports de sondages, réalisés spécifiquement pour le projet (le nombre et la profondeur variant en fonction de chaque situation). Après cette étude de sol et du sous-sol, différentes études de faisabilité (technique, financière, sociale, environnementale, etc.), sont réalisées afin de déclarer la suite des opérations abondantes, de la vente ou de l'exploitation du gisement [5].

Le développement : si la phase de prospection est arrivée à la conclusion que le gisement minéral caractérisé était exploitable en prenant en compte des contraintes applicables, il faut alors le développement de la mine. Cela passe par la conception et la réalisation de l'ensemble des infrastructures nécessaires à l'exploitation du minerai (routes, chemin de fer, lignes électriques, etc.) l'importance de cette phase dépend de la situation géographique du gisement (notamment de son isolement), de son importance et de stratégies d'exploitation retenues (méthode d'extraction, lieu de transformation du minerai, etc.) [5].

L'exploitation : c'est à cette phase que le minerai est tiré du sol à l'aide de machineries lourdes et d'explosifs puis enrichi (ou concentré) dans une mine généralement localisée à proximité du lieu d'extraction. C'est la suite de la prospection que la méthode d'exploitation utilisée est définie. En effet, dans la très grande majorité des cas la partie du sol convoitée (appelé minerai dans cette étude) est située sous une couche de terrain économiquement intéressante. Cette partie non exploitable du sol est composée du mort terrain (la partie organique en surface) et de la roche stérile (la partie minérale, généralement appelée stérile). La méthode est alors retenue pour déplacer ou contourner la roche stérile. Cette étude s'intéresse uniquement à cette phase et plus précisément la méthode d'exploitation dite à ciel ouvert [5].

La réhabilitation et la fermeture : un gisement minéral étant non renouvelable, une mine est conçue au départ pour une durée de vie estimée. Lorsque son exploitation devient non rentable, la fin des activités minières est décrétée. Suite à cela le site minier développé au fil du temps doit alors être restauré en fonction des lois en vigueur puis fermé ; l'objectif ultime étant de rendre le site minier le plus proche possible de son état original. Les différentes méthodes réalisées aux mieux cette phase sont des sujets complexes qui ne seront pas développés dans ce rapport [5].



Figure I.01 : Implantation d'un site minier.

I.4- Présentation de la technique d'exploitation d'une mine à ciel ouvert

Des quatre phases détaillées au-dessus, la phase d'exploitation est celle qui a les impacts environnementaux potentiels les plus importants. Ceux-ci dépendent bien étendu de la situation géographique de la mine, de l'importance du gisement et surtout la méthode utilisée pour l'exploiter. En considérant uniquement les grandes lignes de ces méthodes, il est possible de les regrouper en deux grands groupes. [5]

Le plus connue de ces méthodes est l'exploitation souterraine. Historiquement très répandue, cette méthode a été développée dans toutes les régions du monde pour tous les types

de minerai et à des échelles extrêmement variées. Elle consiste à extraire un minimum de mort terrain est stérile en réalisant des puits et des galeries à travers celui-ci pour accéder au filon de minerai puis à l'extraire jusqu'à la surface. Ainsi il est possible de réaliser la plus grande partie des opérations dans un milieu confiné qui limite les impacts sur l'environnement, mais qui augmente les risques pour la sécurité des travailleurs. [5]

Pour les gisements localisés moins profondément, la méthode utilisée est l'exploitation à ciel ouvert. Avec l'évolution des technologies d'extraction et les couts d'achats des métaux, les gisements exploités avec cette méthode sont en constante augmentation (commission européenne 2009). [6]

I.4.1- Principe d'une mine à ciel ouvert

Le principe d'exploitation d'une mine à ciel ouvert est simple. Afin d'attendre la strate du sol souhaité, le mort terrain se trouvant entre la surface et le précieux minerais, il est extrait à l'aide de machinerie lourde par couches successives (gradins). Elles entraînent la formation d'une fosse et permettent alors à l'exploitation d'accéder directement à la ressource convoitée. Cette méthode est particulièrement intéressante quand le gisement étalé verticalement rend inadéquates les autres méthodes. (Sené et al, 2004). [7]

Dans les faits, en plus de supprimer totalement les habitats présents en surface, le principale désavantage de cette méthode est d'entraîner la manipulation de grandes quantités de sol (mort terrain et minerai). Le rapport entre la quantité de mort terrain à déplacer par rapport à la quantité de minerais récupérer, est appelé taux de découvert.

Cette variable est primordiale lors du calcul de rentabilité d'une mine. Avec les prix des métaux en croissance (Fontaine, 2001), [8] le taux de découvert acceptable est de plus en plus important. Cela amène alors une augmentation du nombre de projets de mine à ciel ouvert et une croissance de la taille de ces projets (Dutrisac, 2011).

L'exploitation de la mine de Boukhadra fut entamée durant l'époque romaine pour L'extraction du cuivre dans la zone du pic. Par la suite l'exploitation a porté sur le zinc et d'autre poly métaux par la concession de Boukhadra (Mr TADRO).

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

De 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société de Ouenza qui exploitait le gîte de Boukhadra. Cette dernière avait effectué 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 chargé de l'exploitation et des recherches sur les gîtes ferrifères d'Ouenza et Boukhadra.

Après la restructuration des entreprises (1983-1984), c'était FERPHOS qui gérait, exploitait et développé ces recherches sur l'ensemble des gîtes ferrières existants sur le territoire national. Depuis la date de 18/10/2001, et dans le cadre de partenariat avec l'étranger, le holding L.N.M.N.V, a signé l'accord de partenariat avec HADID Ouenza Boukhadra.

Le 01/01/2005 la nomination a été chargé par MittalSteel Tébessa.

Le 18/08/2007 la nomination a été chargé par ArcelorMittal Tébessa. (ArcelorMittal Tébessa, 2012).

Il est à noter que depuis 2016 ; la mine de Boukhadra est exploitée par L'entreprise MFE (Société des mines de fer de l'est de Boukhadra).[3]

I.4.2- Les étapes d'exploitation d'une mine à ciel ouvert

La production de minerais dans une mine à ciel ouvert prend place dans cinq principales composantes et peut-être décomposée en cinq grande étapes (Environnemental-Law Alliance Worlwide, 2010) [1].

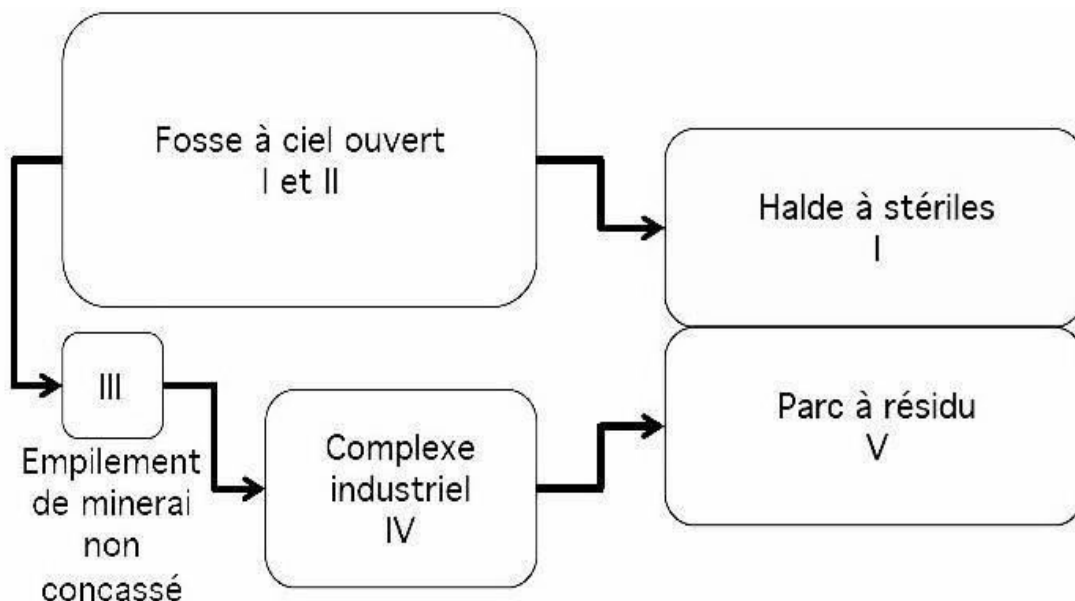


Figure I.02 : Composantes d'une mine à ciel ouvert.

I) Evacuation des morts terrain et des stériles : cette étape préliminaire à l'accès au minerai se passe par un premier temp au niveau de la fosse. Il faut tout d'abord procéder à l'excavation du mort terrain puis au forage et au sautage de la roche stérile à l'aide de foreuses et d'explosifs. Il est ensuite nécessaire de procéder à l'évacuation des sols et des roches à l'aide de chargeurs et de camion miniers (en générale de très grande capacité). Ce transport s'effectue directement dans un espace d'entreposage approprié, appelé une Halde (le mort terrain et le stérile ne sont mélangés lors du stockage) via des routes aménagées pour cela. [5]

II) Extraction du minerai : une fois le mort terrain et les stériles évacués, il est possible d'accéder au minerai. Là encore il faut dans un premier temp procéder à l'extraction à l'aide de foreuses et d'explosifs et à l'excavation à l'aide de chargeurs et de camion minier. Par la suite, le minerai est transporté par la route à destination d'une pile temporaire avant de réaliser le traitement primaire (porte d'entrée du complexe industriel).[5]

III) Traitement primaire : la matière extraite présente encore de faibles teneurs en minerai et nécessite donc d'être traité. Afin de réaliser ce traitement, il est indispensable de concasser les blocs formés lors de l'extraction pour obtenir du minerai de taille utilisable dans les procédé de concentration (ordre de 10^2 mm). Il faut donc transporter les blocs à l'aide de chargeurs dans un concasseur industriels (concasseur giratoire par exemple) pour former une pile principale. Puis, celle-ci est convoyée dans l'usine de traitement. Le

Prétraitement à lieu en générale à proximité de la fosse et le transport jusqu'à l'usine de traitement varie en fonction de choque situation (tapis roulants, camion, chemin de fer etc.) [5]

IV) Concentration : l'étape de concentration consiste à une succession de traitement physicochimique (broyeur, épaisseur, lixiviation, etc.) afin de concentrer l'élément visé (or, fer, cuivre, aluminium, etc.), de le purifier (en générale les concentrations dans les minerais naturels sont inférieur à 1% et le produit final est pur à plus de 70% et de le commercialiser [5].

V) Evacuation des résidus : l'étape de purification produit un minerai purifié, mais également des résidus (de l'ordre 99% du minerai extrait) sous forme liquide ou pâteuse.

Il faut donc procéder à l'évacuation de ces résidus parfois toxiques (éléments naturels non désirable, produits utilisés pour la purification, etc.). Leur destination est le parc à résidu [5]

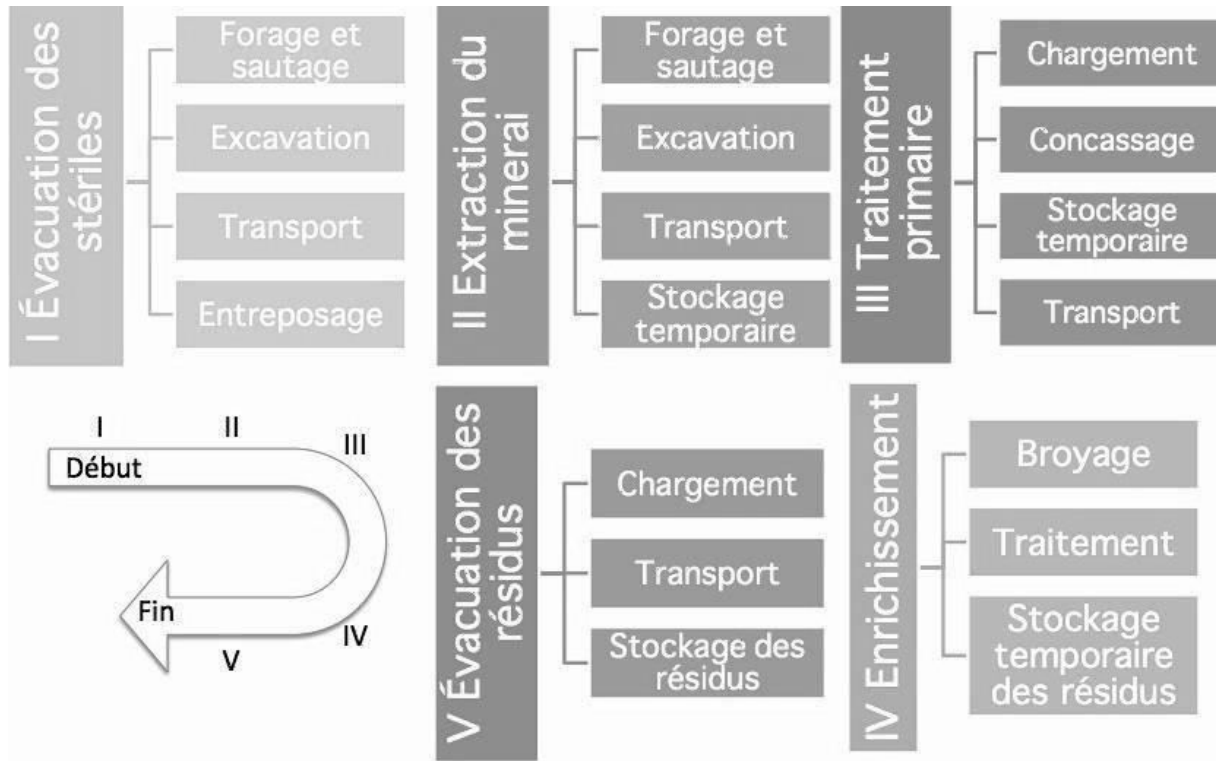


Figure I.03 : Principales étapes d'exploitation d'une mine à ciel ouvert.

I.5- Impact d'une activité minière 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.[3]

I.5.1- impact sur le milieu physique

I.5.1.1- 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.

a. Source de polluant

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

Tableau I.01 : 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.

b. Emissions engendrées par la circulation des camions à l'intérieur du site

Le fonctionnement 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 imbrulés, du dioxyde de carbone, mais également des oxydes d'azote (NOx), et des particules, selon le type de moteur.

c. Impacts des poussières

On classe les poussières selon leur effet biologique et leur granulométrie. Les particules nuisibles se subdivisent en quatre catégories, à savoir :

- ✓ Poussières inertes : elles s'accumulent dans le corps sans provoquer aucune réaction ;

- ✓ Poussières toxiques : ce sont habituellement des composés métalliques plus ou moins solubles. Elles peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur certains organes ;
- ✓ Poussières allergènes : elles peuvent donner de l'asthme ou de l'eczéma ;
- ✓ Poussières fibrogènes : elles sont insolubles et sont à l'origine de la fibrose pulmonaire.

Les plus dangereuses sont celles de silice libre qui entraînent la silicose (cas du minerai de fer).

Les propriétés physico-chimiques des poussières se résument essentiellement en leur inflammabilité, expansivité, nocivité et leur toxicité.

Les spécialistes en hygiène et sécurité, médecine de travail et en écologie ont classé les poussières selon leur effet biologique et leur granulométrie.

Les catégories les plus dangereuses, des poussières sont celles de Silice libre, qui entraînent la « silicose », c'est le cas de maladie professionnelle la plus répandue au niveau de la mine de fer de Boukhadra. Trois catégories de poussières existent selon leur granulométrie :

- Poussières à grosses particules : $d > 5\mu\text{m}$ (en suspension instable dans l'air) ;
- Poussières à fines particules : $0,25 < d < 0,5\mu\text{m}$ (en suspension semblent échapper aux lois de la pesanteur) ;
- Poussières ultra microscopiques : $d < 0,25\mu\text{m}$, ne sont visibles qu'au microscope électronique (poussières colloïdales).

Où : (d) Granulométries des particules de poussières.

Elles ont des conséquences néfastes sur les organes respiratoires, des personnes et elles sont la cause des maladies de pneumoconiose (silicose), asthme, etc.

d. Enquête de gêne du voisinage

Les cités (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 sûre, 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.

Parmi les principaux postes de travail qui sont sources d'émanation de poussière ponctuelles :

- ✓ Lors du concassage du minerai de fer ;
- ✓ Lors du convoyage par bande transporteuse ;
- ✓ Au niveau des trémies de réception et au niveau de la gare de chargement ;
- ✓ Rames des wagons chargés ;
- ✓ Lors du trafic intense des engins (chargement, transport et terrassement).

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.

Les effets des poussières sont multiples à savoir : il s'agit d'une maladie professionnelle et c'est une affection broncho-pulmonaire, provoquée par l'inhalation de poussières de silice. Le travail dans les mines (creusement des galeries) expose particulièrement au risque de la silicose.

I.5.1.2- 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 flore 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 du 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.

I.5.1.3- Déchets solide

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

I.5.1.4- 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.

I.5.2- Impact sur le milieu naturel

I.5.2.1- 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.

I.5.2.2- 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....

I.5.2.3- 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.

I.5.2.4- 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.

I.5.3- Impact sur le milieu humain

I.5.3.1- 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.

I.5.3.2- 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.

En outre, les tirs de mines ont une influence sur les cours d'eau et la qualité des eaux superficielles et souterraines, ces derniers risquent certainement d'être affectées ou déviées par les effets sismiques des ondes vibratoires.

I.6- Méthodologie d'une étude d'impact environnemental (E.I.E)

L'analyse des impacts environnementaux sur les milieux présents sur le site de la mine et leurs composantes respectives s'effectue en deux étapes, à savoir l'identification des sources

d'impact et leur évaluation. Ces étapes sont décrites ci-dessous.

Le projet d'aménagement de la l'entreprise est conçu dans l'objectif de limiter ses impacts et d'intégrer au projet une réflexion sur la réduction ou la suppression des impacts identifiés en amont de la construction.

L'analyse des impacts directs et indirects portera sur chaque thème abordé dans l'état initial de l'environnement. [3]

I.6.1- Identification des sources d'impacts

Les impacts environnementaux du projet sont identifiés en analysant l'interaction possible entre les sources d'impacts, c'est-à-dire le type de travaux à réaliser et les équipements à implanter ainsi que les éléments valorisés du milieu d'insertion de la ville nouvelle. La portée de la démarche d'identification englobe donc toutes les sources potentielles d'impact pouvant engendrer des changements à un ou plusieurs des éléments de l'environnement. Chacune des composantes du projet est examinée en fonction de ses impacts potentiels sur chacun des éléments de l'environnement. Les interactions possibles entre les différents éléments environnementaux sont également considérées. Toutes les activités liées aux phases de relevés, construction et d'exploitation qui engendreront des perturbations à l'environnement sont prises en considération.

I.6.2- Evaluation des impacts environnementaux

L'approche méthodologique proposée pour l'évaluation des impacts environnementaux du projet de réalisation de la mine repose sur l'appréciation de la valeur environnementale des éléments de l'environnement (composantes spécifiques) ainsi que de l'intensité, de l'étendue et de la durée des impacts appréhendés (positifs ou négatifs) sur chacun de ces éléments. Ces impacts pourront être directs ou indirects.

L'ensemble des paramètres considérés sont agrégés en un indicateur synthèse, l'importance de l'impact environnemental, qui permet de porter un jugement sur l'ensemble des impacts prévisibles du projet sur une composante donnée de l'environnement.

Cette figure présente schématiquement la démarche d'évaluation de l'importance de l'impact environnemental ainsi que les intrants et les extrants de chacune des étapes.

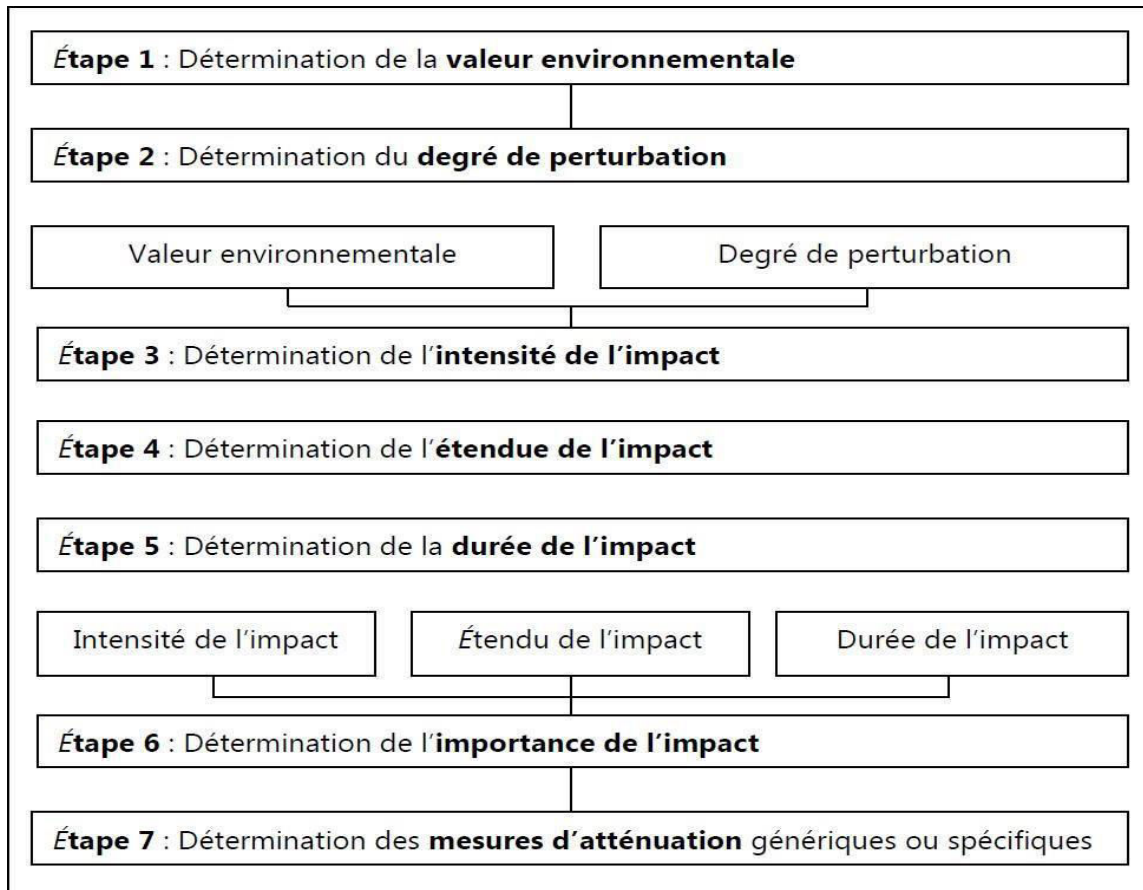


Figure I.04 : Démarche d'évaluation des impacts environnementaux.

Bien que les impacts du projet sur le milieu physique et ses composantes soient décrits qualitativement, leur importance ne sera pas évaluée à l'aide de la démarche proposée puisqu' il n'est pas possible de déterminer l'intensité de l'impact environnemental. Cette particularité s'explique par le fait que la valeur environnementale d'un milieu ou une composante physique ne peut être définie sans référence à un usage ou à son importance pour la flore, la faune ou l'homme. Ainsi, une modification de la qualité de l'eau n'a de valeur que par les impacts que cette modification entraînera sur les composantes biologique et humaine de l'environnement et non en elle-même. Par conséquent, l'évaluation détaillée telle qu'envisagée par la démarche proposée ne peut être complétée que pour le milieu physique et ses composantes.

a. Intensité de l'impact

L'intensité de l'impact environnemental exprime l'importance relative des conséquences attribuables à l'altération d'une composante. Elle dépend à la fois de la valeur

environnementale attribuable au milieu ou à la composante considérée et du degré de perturbation (c'est-à-dire l'ampleur du niveau de perturbation) subi.

b. Valeur environnementale

Pour les besoins de la présente étude, une valeur environnementale sera attribuée, selon la méthodologie décrite ci-dessous, à toutes les composantes spécifiques du secteur à l'étude qui se verront perturbées par l'implantation du projet. Le terme valeur environnementale de la composante sous-entend donc aussi valeur environnementale du milieu.

La valeur environnementale des composantes permet de qualifier le degré de Valorisation et de protection accordé et/ou la sensibilité du public à cet égard. Le concept de valeur environnementale ne s'applique pas aux éléments du milieu physique car ce sont les effets des modifications de ces éléments sur les diverses utilisations par la faune ou par les populations humaines qui en déterminent le degré de valorisation.

On distingue trois classes de valeur environnementale pour les composantes du milieu :

- ✓ Grande : lorsque la composante du milieu est protégée par une loi ou fait l'objet de mesures de protection particulières ou bien lorsque la protection ou la conservation de l'intégrité de la composante fait l'objet d'un consensus parmi les spécialistes et les gestionnaires ou dans l'ensemble des publics concernés. Une grande valeur est généralement accordée à une composante du milieu présentant un caractère d'unicité ou de rareté ;
- ✓ Moyenne : lorsque la conservation ou la protection de l'intégrité de la composante représente un sujet de préoccupation moindre pour les spécialistes et les gestionnaires ou pour l'ensemble des publics concernés. La composante représente un sujet de préoccupation mais ne fait pas l'objet d'un consensus parmi les spécialistes et les gestionnaires ou dans l'ensemble des publics concernés ;
- ✓ Faible : lorsque la conservation, la protection ou l'intégrité de la composante ne fait que peu ou pas l'objet de préoccupations parmi les spécialistes et les gestionnaires ou dans l'ensemble des publics concernés.

c. Degré de perturbation

Le degré de perturbation d'une composante ou d'un milieu définit l'ampleur des modifications structurales et fonctionnelles qu'elle risque de subir. Il dépend de la sensibilité de la composante au regard des interventions proposées. Les modifications peuvent être positives ou négatives, directes ou indirectes. Le degré de perturbation tient compte des impacts cumulatifs, synergiques ou différés qui, au-delà de la simple relation de cause à impact, peuvent amplifier les modifications d'une composante environnementale lorsque le milieu est particulièrement sensible.

Le degré de perturbation est jugé :

- ✓ **Élevé** : lorsque l'impact prévu met en cause l'intégrité de la composante ou du milieu ou que celui-ci modifie fortement et de façon irréversible cette composante ou ce milieu ou l'utilisation qui en est faite ;
- ✓ **Moyen** : lorsque l'impact entraîne une réduction ou une augmentation de la qualité ou de l'utilisation de la composante ou du milieu, sans pour autant compromettre son intégrité ;
- ✓ **Faible** : lorsque l'impact ne modifie que de façon peu perceptible la qualité, l'utilisation ou l'intégrité de la composante ou du milieu ;
- ✓ **Indéterminé** : lorsqu'il est impossible de prévoir comment ou à quel degré la composante ou le milieu seront touchés. Lorsque le degré de perturbation est indéterminé, l'évaluation de l'impact environnemental ne peut être effectuée.

L'intensité de l'impact environnemental : variant de très forte à faible, résulte des combinaisons entre les trois degrés de perturbation (élevé, moyen et faible) et les trois classes de valeur environnementale (grande, moyenne et faible). Le tableau ci-dessous indique les différentes combinaisons obtenues :

Tableau I. 02 : Grille de détermination de l'intensité de l'impact environnemental.

Degré de perturbation	Valeur environnementale		
	Grande	Moyenne	Faible
Élevé	Très forte	Forte	Moyenne
Moyen	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible *

I.7- Législation et norme de qualité de l'air en Algérie

Pour prévenir et réduire les pollutions et les nuisances, l'Algérie dispose d'un arsenal juridique important qui s'articule autour de la loi cadre sur la protection de l'environnement 83-03 du 05 février 1983, qui a été suivie par toute une série de textes d'application. Mais, au plan pratique, l'abondance de normes juridiques, n'a pas toujours été suivie d'une réelle application sur le terrain. [2]

Ce dispositif juridique se résume comme suit :

Le décret N° :93-165 du 10/07/1993, régleme les émissions atmosphériques de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique, ou à nuire aux végétaux et à la production agricole ainsi que la conservation des constructions et des monuments historiques et naturels.

Le décret N° 88-149 du 26/07/1988, définit la réglementation applicable aux installations classées et fixe leur nomenclature.

Les installations classées sont soumises aux dispositions de la présente loi : les usines, ateliers, chantiers, carrières, et d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privé, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour la conservation des sites et monuments.

Ce décret définit trois (03) classes d'installation suivant la taille, la gravité des dangers et les inconvénients que peuvent présenter leurs exploitations.

1. Les installations soumises à l'autorisation du ministre chargé de l'environnement ;
2. Les installations soumises à l'autorisation du Wali territorialement compétent ;
3. Les installations soumises à une simple déclaration du président de l'APC.

Pour ce qui est du décret N° 84-378 du 15/12/1984, il fixe les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains.

Un déchet, au sens de la présente loi, est relatif à tous résidus d'un processus de production, de transformation ou l'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou destiné à l'abandon.

La loi fait l'obligation à toute personne physique ou morale produisant ou détenant des déchets d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans les conditions propres afin d'éviter les effets nocifs sur le sol, la flore, la faune, l'atmosphère, les ressources en eau, la santé de l'Homme, à dégrader les sites ou les paysages, à engendrer des bruits et des odeurs.

Au cas où les déchets sont abandonnés, déposés ou traités contrairement à cette prescription, il est procédé d'office à leur élimination au frais du contrevenant. Mais, il faut dire que le droit à lui seul est incapable de résoudre tous les conflits d'intérêts que suscite la problématique environnementale.

L'action législative et réglementaire, par ailleurs incontournable, exige, pour produire des effets probants, qu'elle soit accompagnée par d'autres actions, de recherche, d'études, d'intervention directe sur le terrain et surtout d'information et de sensibilisation. (J.O, 1983)

I.9- Normes international de qualité de l'air

L'Union Européenne a fixé des normes concernant les concentrations de polluants dans l'air ambiant :

- Le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules en suspension ont été réglementés en 1980. La valeur à ne pas dépasser 7 jours par an (en moyenne sur 24 heures) est de 250 ou 350 microgrammes par m³ pour le dioxyde de soufre selon le niveau de particules en suspension (inférieur ou supérieur à 150 microgrammes par m³) ;
- Pour le dioxyde d'azote (NO₂), une directive a également fixé en 1985 une valeur limite horaire de 200 microgrammes par m³ d'air (percentile 98 annuel des valeurs moyennes horaires, c'est-à-dire valeurs ne pouvant être dépassées que 2 % du temps soit 7 jours par an) ;
- Pour le monoxyde de carbone, la moyenne sur 8 heures doit être inférieure à 10000 microgrammes /m³ (objectif valeur en microgrammes par m³ air, en 1998) ;
- Pour le plomb (1982), la teneur limite a été fixée à 2 microgrammes par m³ en moyenne annuelle ;
- Une directive européenne plus récente (1992) concernant l'ozone (O₃), a défini 3 seuils (objectif valeur en microgrammes par m³ air) :
 1. Seuil de protection de la santé 110 sur 8 heures ;
 2. Seuil d'information de la population 180 sur 1 heure ;
 3. Seuil d'alerte de la population 360 sur 1 heure. [2]

Conclusion

Les mines sont connues pour causer de graves problèmes environnementaux, car l'extraction de minéraux et d'autres matériaux géologiques ayant une valeur économique à partir de gisement sur la terre.

L'activité minière a des effets néfastes sur l'environnement en provoquant une perte de biodiversité, l'érosion des sols, la contamination des eaux de surface, des eaux souterraines et la pollution de l'air.

Chapitre II :

Description de la zone d'étude

II.1- Introduction

L'exploitation minière a pour but essentiel d'atteindre une extraction maximale des minéraux en prenant en considération des aspects économiques, environnementaux et l'emplacement des gisements (ROUT, M., et Parida, C.K, 2007).[9]

Le minerai de fer se trouve dans l'écorce terrestre sous différentes formes : hématite, magnétite, goethite, limonite, sidérite etc. Le gisement de Boukhadra dans l'est algérien représente un appui capital pour l'approvisionnement en minerais de fer hématique de qualité, il est destiné à la sidérurgie, la fabrication des ciments et des pigments rouges. [3]

II.2- Présentation du minerai de fer de BK

Le minerai de fer exploité à la région de Boukhadra est constitué principalement d'hématite, le constituant majeur du minerai, goethite et autres ocres limnétiques. Il est issu de l'oxydation du minerai carbonaté, maintenant restreint à la zone située sous le niveau hydrostatique. [3]

II.3-La localisation géographique de de la wilaya de Tébessa

La région de Tébessa est une wilaya algérienne située à l'extrême nord -est du pays, elle est limitée par :

- La wilaya de Souk-Ahras Au nord ;
- La wilaya de kenchela et Oum el Bouaghi à l'ouest ;
- La Tunisie à l'est ;
- La wilaya d'Eloued au sud.

Administrativement la wilaya compte 12 daïras regroupant 28 communes [3]

Tableau II.01 : Découpage administratif et superficie des communes de la wilaya de Tébessa.

Daira	Communes
Tébessa	Tébessa, El Kouif, Bekariaya, Boulhaf Dir
Morsott	Morsott, BirDheb
El Malabiod	El Malabiod, Houdjebet
El Aouinet	El Aouinet, Boukhadra
Ouenza	Ouenza, Ain Zerga, El Emridj
Bir-Mokkadem	Bir-Mokkadem, Hammamet, Gourigueur
Bir El Ater	Bir El Ater, El Ogla El Malha
El Ogla	El Ogla, El Mazraa, Bedjene, Stah- Guentis
Oum- Ali	Oum- Ali, SafSaf ElOusra
Negrine	Negrine, Ferkane
Cheria	Cheria, Thilidjene

II.4- Présentation de l'environnement physique du site

II.4.1- La localisation géophysique de la zone d'étude

La zone d'étude est située à environ 400 m au nord du chef-lieu de la commune de Boukhadra : le site d'implantation du projet est limité par :

- Une montagne au nord et à l'est ;
- Une propriété privée à l'est
- Les habitations de la commune de Boukhadra au sud et à l'ouest [3]



Figure II.01 : Localisation de la mine de Boukhadra

II.4.2- climat de la zone

Le climat de la wilaya de Tébessa est légèrement continental et bénéficie moins des effets de la mer. Il comporte des étés assez chauds et des hivers assez froids, les températures estivales sont plus élevées ; environ 37.6 C° (juillet) au maximum et au minimum ; environ -1.2 C° en hiver (janvier) et une moyenne de 18.0 C°.

Les précipitations pluviales annuelles sont de l'ordre de 261 mm, avec un minimum de 5.6 mm de mois de juillet et un maximum de 27.7 enregistrée durant le mois de janvier. [3]

II.4.3- Géomorphologie

Le relief est un élément qui influe considérablement sur les différents paramètres hydroclimatiques d'une région donnée.

Le relief de Tébessa se divise en deux parties : la partie nord qui englobe le bassin versant de la Medjerda (Souk Ahras), drainant un ensemble de régions hétérogènes des hautes altitudes au nord par un relief accidenté où les écoulements ont un régime torrentiel et la partie sud se trouve au nord de l'atlas tellien, dans la zone des hautes plaines (bassin versant de Melle

gue). Cette partie est caractérisée par un relief en majorité plat là où les altitudes moyennes atteignent (800 m), entouré par un massif montagneux suivant la ligne de partage des eaux de surface.[3]

Le relief de Tébessa est très varié, on y trouve :

- **La zone de montagne**

Nous avons considéré que la zone de montagne se situe au-delà de 1000 m de hauteur, qui occupe une superficie de (3640.1 km²) soit (46.21%). Le secteur montagneux orienté sensiblement Nord-Est, Sud-Ouest est composé des unités suivantes :

- ✓ Au Sud-Est : Djebel Doukhan ayant une altitude de (1712 m), les monts de Troubia (1456);
- ✓ Au Sud-Ouest : les monts de Hamamir et les monts de Tadinart ;
- ✓ A l'Ouest : les monts de Tafrennt (1406m), Djebel Bou Talhouma et Djebel Fedjidjet et aussi monts de Amamat El kebir et Terrguelt ;
- ✓ Au Nord : les monts de Bousessou ayant une altitude de (1087m) et aussi le massif Ras el alia, Tiffech ;
- ✓ A l'Est les monts : de Ouenza (1288m), Boukhadra (1463m), Djebel Zitouna(1231m) et Djebel Dyr (1472m).

- **La zone de piedmont**

Les piedmonts correspondent à des zones de transitions entre les montagnes et les plaines à des altitudes moyennes qui varient entre (700-1000 m). Ils montrent un développement différent d'un secteur à un autre. Ces piedmonts correspondent, en générale à un ensemble de glaciers d'ablations couverts sous formes de lanières résiduelles, le plus souvent par une croûte calcaire, cette zone couvre une superficie (2606.25 km²) soit (33.09%).[3]

- **La zone de plaine**

C'est la partie la plus dominante, elle qui s'étend au Nord et l'Est des piedmonts avec des altitudes inférieures à (700m) occupant une surface de (1630.5 km²) soit (20.70%). Cette zone est composée par les unités suivantes :

- ✓ Plaine de Tébessa : remplie par des sédiments récents d'âge quaternaire, et composée généralement par des cailloutis de calcaires, marnes, argiles et le sable fin et moyen ;

- ✓ Plaine de serdiés : c'est une vaste combe dégagée dans une puissante série marneuse en schérienne, limitée par Dj Troubia au sud et par les crêtes rectilignes de Dj Serdiés à l'Ouest;
- ✓ Plaine de Hammamet : elle est installée sur un fossé d'effondrement subsidient causé par la composante dextre de contrainte maximale plio-quaternaire qui est devenu le siège d'une sédimentation importante des formations d'âge quaternaires ;
- ✓ Plaine de Tiffech et la plaine de M'Daourouch ;[3]

II.4.4 – Géologie de la zone

Le Djebel de Boukhadra est situé à l'est de l'Algérie à 45 km au nord du chef-lieu de la wilaya de Tébessa, à 47 km de la mine de l'Ouenza, à 13 km des frontières AllégroTunisiennes et à 190 km au sud du complexe sidérurgique d'El-Hadjar (wilaya d'Annaba).

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

Le gisement est entre les méridiens 8°-01' et 8°-04' est et les parallèles 35°-40' et 35°-50' nord.[3]

II.4.5- Hydrogéologie

La wilaya de Tébessa passe sur deux systèmes hydrographiques étendus :

- 1- Le bassin versant de l'Oued Medjerda, ce dernier est partagé en quatre sous bassins versant englobant le côté nord de la wilaya. Le ruissellement là est exoréique assuré par un nombre important de cours d'eau : Oued Charbo, Oued Sardiess, Oued Ksob et Oued Elkbir ;
- 2- Le bassin versant de l'Oued Melghir qui couvre le côté sud de la ville. Le ruissellement ici est endoréique, il est pompé par les sources suivantes : Oued Chérai, Oued Mèchera, Oued Safsaf, Oued Ghez net, Oued Djarech et Oued Sardiess qui alimentent les régions localisées au sud. [3]

II.4.6- Le vent

Le vent joue un rôle essentiel pour le transport des particules fines de poussière et L'influence sur les conditions météorologique locales.

Dans notre zone d'étude, les vents qui sont dominant sont ceux provenant d'OuestNord-Ouest (novembre-avril) et du Sud-Est moins significatifs (mai -juillet).

Les vents sont actifs (fréquent) pendant la période hivernale, leurs vitesse moyenne maximal(3.8m/s) au mois d'avril. Ils sont reliés par les vent du sud est pendant toute la saison estivale, les vents chaud 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.[3]

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

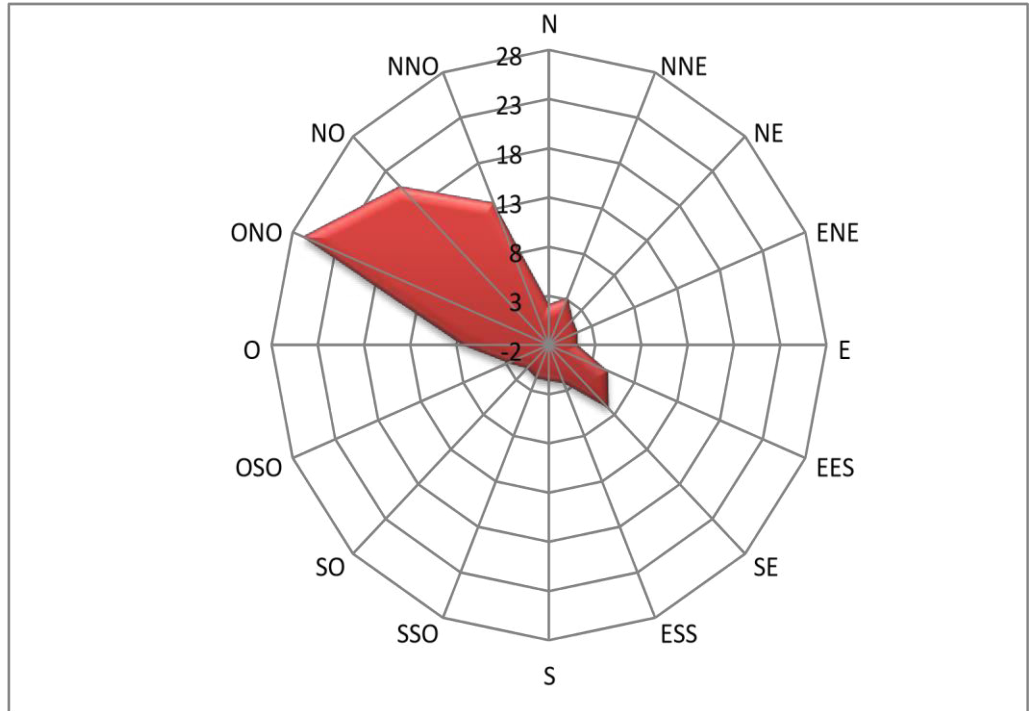


Figure II.02 : rose des vents de la région de Tébessa, (année 2023).

II.5 -présentation de l'environnement biologique du sol

II.5.1 -la flour

La région du site se caractérise par un couvert forestier qui comporte les massifs forestiers d'Oulad sidi Yahia, Bou Taleb et d'Oulad sidi Abid.

Ce secteur est constitué de chainons orientés NO-SE, s'élevant à une altitude moyenne de 700 à 1200 au-dessus de Tébessa.

La flore de la région de Tébessa est assez variée du point de vue systématique, réunissant des éléments de prévenances très différentes et des types biologiques divers. [3]

II.5.2- La faune

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, tel 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. [3]

II.6- présentation du milieu humain

II.6.1- 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.

II.6.2- 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) ;

II.6.3- Secteur économique

Secteur de l'Agriculture

La wilaya dispose de 312 175 ha de terres agricoles (38% de la superficie totale) dont près de 14 225 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.[3]

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, Fekane et Bekkaria abritent aussi des sites historiques comme l'huilerie de Berzguene et la palmeraie de Fekane. 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 Gaagaa relevant de la commune de Hammamet, à 15 km du chef-lieu de wilaya, octroyé à un investisseur privé.[3]

Secteur de l'Industrie

Tableau II.02 : Répartition des zones industrielles de la wilaya de Tébessa.

Nom de la zone	Superficie			Nombre de lots créés	Nombre de lots disponibles
	Total	Cessible	Disponible		
Z.I Tébessa	130 ha	128 ha	2 ha	84	03
Z.I El-Aouinet	77 ha	23 ha	54 ha	94	85

Tableau II.03: Répartition des zones d'activités de la wilaya de Tébessa.

Commune	Superficie totale (m ²)	Nombre de lots créés	Nombre de lots disponibles
Tebessa	124 467	116	95
Bekkaria	58 542	28	25
Bekkaria	39 568	45	14
Hammamet	39 568	18	13
Ouenza	1 235	99	94
El Meridj	194 310	58	42
Morsott	58 100	78	0
El Aouinet	44 832	12	0
Cheria	9 436	76	0
Elma Labiod	50 961	34	/
Bir El Ater	28 617	75	13

L'unité de Ferphos Ouenza produit au total 1 641 109 T en minerai de fer. En matière de minerai de phosphate, l'unité Ferphos Djebel Onk produit 767 403 T. D'autre part, grâce à l'extension des infrastructures de base (réseau routier et ferroviaire), du réseau de gaz et de l'hydraulique, la wilaya de Tébessa est devenue un pôle industriel, avec l'implantation de nouvelles unités : Cimenterie, E.N G (granulats), E.N ANABIB (tubes à gaz) et EN SMIDE (semouleries minoteries).[3]

II.7- Cadre géologique

II.7.1- La morphologie de gisement de BK

Le minerai de fer de Boukhadra a une minéralisation de type fer hématite et de formule chimique (Fe_2O_3), avec une teneur moyenne supérieur à 50%. La forme de gisement de minerai de fer est ventriculaire de type hydrothermal sédimentaire d'une longueur de 900 à 2200 m et de puissance variante de 10 à 50 m.

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

- Corps Principal ;
- 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).

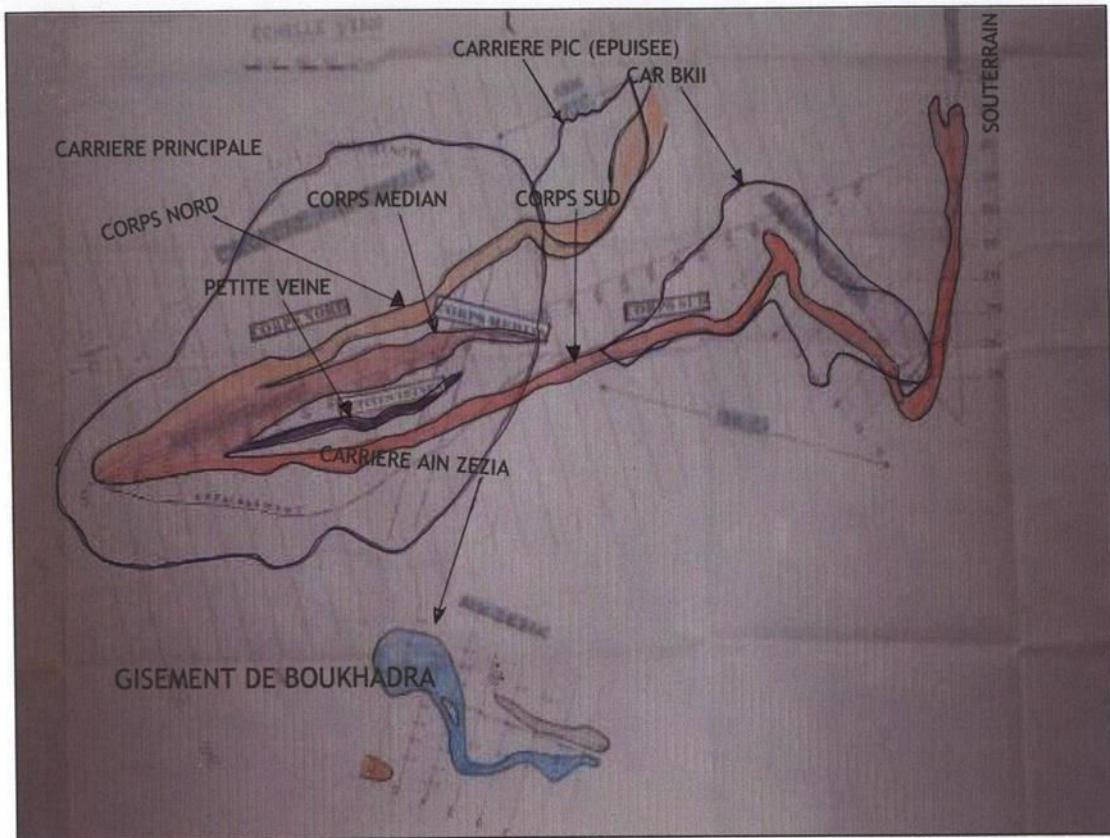


Figure II.03 : Gisement de Boukhadra.

II.7.2- Etude géologique

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.

a) 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.

b) Crétacé

Le crétacé est représenté par la séquence sédimentaire entière du crétacé supérieur (cénomaniens – mæstrischiens et le sommet du crétacé inférieur (Aptien – Albien).

Dans cette étude nous nous contenterons uniquement de la description de la série Aptienne porteuse de la minéralisation qui est caractérisée par les roches suivantes :

- Marnes et calcaires constituant la partie inférieure qui encaissent le gîte sud et les petites veines (carrière principale) ;
- Calcaires récifaux (construits) organogènes (rudistes) qui constituent le niveau Porteur de la minéralisation principale ;
- Enfin, les grès et calcaires de la partie supérieure (sommet) de l'Aptien non productif.

c) Tertiaire

Les roches du tertiaire sont représentées par des conglomérats à éléments variés, à ciment carbonaté et des intercalations de roches gréseuses. Ces roches affleurent uniquement dans la partie occidentale.

d) 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.

Du point de vue tectonique, la région de Boukhara est marquée par deux phases tectoniques importantes ; La phase de plissement de direction N.E/S.O et la phase de tectonique cassante ayant engendré des mouvements de socle qui sont à l'origine de la formation des fossés de Tébessa – Morsott et des Ouled – Boughanem ainsi que le horst de Boudjaber.

L'anticlinal de Boukhara est affecté principalement par la faille de Koudiet -El – Hamra qui est le relais de la faille de Boukhara de direction N.E/S.O.

Dans la partie Sud- Ouest (à l'aval du pic), la structure est affectée par un effondrement Considérable.

D'autres failles sans importance majeure, à petits rejets sont à signalées également aux Environs immédiats du gisement.

Par ailleurs, nous citons le phénomène de diapirisme qui a joué un rôle prépondérant dans la formation de la structure et les manifestations minérales de Boukhara (Genèse de la minéralisation).

II.7.3- Position tectonique du massif de Boukhadra

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

Le massif de Boukhadra est un anticlinal qui a la forme d'une ellipse allongée NESW. Il se trouve à la bordure d'un fossé d'effondrement « fossé de Morsott » orienté NW-SE dont l'initiation remonterait au moins à l'Eocène, mais dont les accidents bordiers reprennent des failles limitant des blocs basculés dès l'Aptien. Le massif de Boukhadra constitue l'une des terminaisons périclinales, son organisation structurale présente beaucoup d'analogie avec les massifs de Slata et de l'Ouenza : un périclinal en demi-ellipse recoupé par un fossé d'effondrement et un Trias central diapirique.

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté le sommaire des activités de la mine de Boukhadra et le minerai de fer de Boukhadra.

Chapitre III :

Echantillonnage et méthode d'analyses

Introduction

L'objectif principale de ce mémoire est d'étudier l'impact sur l'environnement causé par des métaux lourds, aussi connues comme éléments de traces métalliques. Les éléments traces sont ainsi nommés parce qu'ils se trouvent en faible concentration dans la croûte terrestre.

Toutefois, des facteurs anthropiques comme l'activité minière peut générer une augmentation considérable des concentrations en métaux dans les eaux et les sédiments de la région affectée, alors dans ce cas ces éléments peuvent être considérés comme des éléments majeurs dans le milieu étudié. [10]

A la différence de la plupart des contaminants organiques, les métaux lourds sont des constituants naturels dans les roches et dans les gisements minéraux. Ainsi, normalement ces éléments sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces, moins de 0.1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants. Ces faibles concentrations en métaux lourds constituent le fond géochimique d'un certain environnement. Pour évaluer l'impact d'un métal lourd dans l'environnement, la seule présence n'est pas suffisante. Cet impact est potentiel si le métal donné se trouve à des niveaux de concentrations anormalement élevées par rapport au fond géochimique. C'est pourquoi bien connaître le fond géochimique est essentiel pour déterminer la contamination en métaux lourds causée par l'activité minière.

[10]

Des échantillons de sol, de plantes, de poussières, d'eau, minéraux et stérile ont été prélevés du gisement de fer de Boukhadra par l'utilisation d'une technique spécifique appelée « échantillonnage systématique ».

III.1. Rappels généraux sur les métaux lourds

III.1.1 Définitions

Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm^3 . 59 éléments du tableau périodique sont classés métaux lourds. 17 d'entre eux sont considérés comme très toxiques mais 13 sont classés polluants. [11]

Les activités industrielles et technologiques diminuent cependant le temps de résidence des métaux dans les roches, ils forment de nouveaux composés métalliques, introduisent les métaux dans l'atmosphère par la combustion de produits fossilifère, il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) et la part naturelle (géogène).[12]

III.1.2. Effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme

III.1.2.1. Les effets sur l'environnement

Les métaux lourds ont des effets néfastes sur tous les compartiments environnementaux. Les écosystèmes sont constitués de deux secteurs étroitement imbriqués qui déterminent leur structure, leur fonctionnement et leur évolution :

- ✓ La nature des biotopes terrestres conditionne le comportement, le devenir, la biodisponibilité et donc les effets toxiques de métaux lourds, et l'influence considérablement la présence et l'activité des populations.
- ✓ La biocénose qui réunit l'ensemble des populations vivant au sein d'un même biotope selon un état d'équilibre dynamique faisant intervenir des relations nutritionnelles énergétiques complexes entre elle et entre le biotope.

L'identification des dangers des métaux lourds s'appuie sur les tests éco toxicologiques, terrestre et aquatiques qui couvrent des populations de niveaux trophiques différents.

Les essais réalisés sur des insectes pollinisateurs (*Apis mellifica*), des oiseaux (*Coturnix japonica*, *Contopus virginianus*, *Anas platyrhynchos*) ou des mammifères estiment l'inhibition de la germination, de la croissance des plantes ou de la reproduction des animaux.

Ces effets atteignent l'homme à travers la chaîne de traitement. [13]

La liste des métaux lourds à surveiller varie selon les milieux considérés, émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou de la mise en décharge.

Ces éléments, sous forme de trace, s'absorbent préférentiellement sur les particules solides et peuvent s'accumuler dans certaines zones favorables à la sédimentation ou la concentration de particules qui y sont stockés et qui peuvent être remises en suspension à l'occasion de crues. [13]

III.1.2.2 contaminations des sols

Le sol est le support de nombreuses activités humaines (industrialisation, urbanisation, agriculture), son rôle clef en matière d'environnement a été reconnu récemment, il intervient comme réacteur, récepteur, accumulateur et filtre des pollutions. Le sol comparativement à

l'air et à l'eau, est le milieu qui reçoit les plus grandes quantités d'éléments en traces produites par les activités minière et constitue un lieu réceptacle des métaux lourds.

Les conditions physico-chimiques de la majorité des sols cultivés (milieu oxydant, Ph élevé, riche en argile) sont propices à la fixation des métaux lourds dans les parties supérieures du sol liées à la fabrication fine. Il y a donc un risque important d'entraînement, par ruissèlement, particulièrement en cas d'orage sur un sol nu et perturbé. En générale les sols argilolimoneux fixent les métaux par adsorptions ce qui n'est pas le cas pour les sols sablonneux. Le pH joue également un rôle, lors du chaulage, ce pH augmente et réduit la mobilité des métaux lourds. [13]

III.1.2.3. Contamination de l'air

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température. De fusion métallurgique, des incinérateurs municipaux, des véhicules, etc. les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant de la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines. [13]

III.1.2.4 Contamination de l'eau

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux dans l'environnement, car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction, complexation, etc.), et de plus cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres qui sont :

- ✓ La forme chimique initiale du métal ;
- ✓ La perméabilité du sol et du sous-sol ;
- ✓ La porosité du sol ;
- ✓ Le pH : dans un milieu acide, les métaux risquent de se solubiliser, alors que dans un milieu alcalin, ils peuvent former des hydroxydes métalliques ;
- ✓ L'activité biologique : certains micro-organismes ont la capacité d'intégrer des métaux, alors que d'autres les solubilisent par acidogènes ;
- ✓ Le potentiel redox du sol ;
- ✓ La composition minéralogique du sol (complication des métaux par les substances humiques).

Les principales ressources de contamination de l'eau sont les suivantes : les eaux usées domestiques et industriels, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation des substances dangereuse pour l'eau, la navigation, etc. [13]

III.1.2.5 Effet sur la santé humaine

Pour l'homme, la problématique des métaux lourds est majeure car elle affecte toutes les caractéristiques de la vie. En effet, la cellule est l'unité biologique fondamentale la plus petite or les métaux lourds peuvent entrainer sa dégénérescence. Certains d'entre eux sont cancérigènes, il peut donc y avoir atteinte de l'entité élémentaire de la vie.

Les métaux lourds peuvent entrainer chez l'homme des pathologies touchant à son intégrité physique et mentale. Il n'est alors plus capable de réagir et de s'adapter aux diverses situations.

Les métaux lourds peuvent s'accumuler au sein de l'organisme et donc perturber son organisation interne. Certains d'entre eux ont des effets tératogènes et d'autres peuvent entrainer des troubles de la fécondité. Comme nous le voyons donc, chaque fonctions fondamentale et vitale de l'homme est mise en danger par la présence de métaux lourds dans son environnement. [13]

II.2- Échantillonnage

II.2.1- Définition

L'échantillonnage est une opération de prélèvement des échantillons qui représente toute la surface de la zone étudiée. Elle est réalisée à l'aide d'une masse métallique enveloppée par plusieurs couches de papier et nylon pour éviter toutes les contaminations possibles. Les points sélectionnés concernant les affleurements rocheux des unités géologiques principale des régions étudiées. [14]

L'ensemble des échantillons prélevé au niveau de la mine de Boukhadra ont été pratiquée sur diffèrent niveau à l'intérieur de la mine et sur quatre endroits différents et à différente distance (500 m,1000,1500) à l'extérieur de la mine.

II.2.2-Echantillonnage systématique

L'Echantillonnage systématique également connu par échantillonnage probabiliste statistique ou aléatoire systématique sur certaines ressources, est basé sur le fait simple de

prendre un premier échantillon de manière aléatoire, les échantillons récoltés par la suite seront prélevés selon un pat (un écart) spécifique aux objectifs de l'étude que l'échantillonnage en question devra servir. [15]

a- A l'intérieur de la mine (in situ)

Cinq (5) échantillons de sols ont été prélevés, à l'aide d'une pelle sur différents niveaux à l'intérieur de la mine (1030, 1060, 1105, 1120, 1135). Sur les mêmes niveaux on a prélevé quelques feuilles d'arbre de différents types (4 types de plantes).

La matière végétale a été choisie au hasard et selon les espèces présentes sur site (pour cause : zone semi-aride) ;

La disposition des points de prélèvement des échantillons de sol et végétation à l'intérieur de la mine de fer de Boukhadra sont indiqués dans la figure III.1.



Figure III.1 : point de prélèvement des échantillons sol et plante à l'intérieur de la mine.

D'autres échantillons ont été prélevés à l'intérieur de la mine sur différentes stations (minerais de fer prélevés sur le front d'abatage et sur les piles de produit fini (après le concassage) et le stérile qui ont été prélevés sur les parcs à résidus). Tous les échantillons ont été emballés dans des sacs en papier puis des sacs en plastique et étiquetés.

Nous avons placé des cuvettes dans les endroits les plus poussiéreux (concasseur, route d'exploitation) afin de récupérer les poussières qui été en suspension.

Finalement, un seul échantillon a été prélevé d'une source d'eau qui se situe à l'intérieur de la mine (ain zazia), l'eau été rempli directement dans une bouteille d'un litre en verre, ce dernier été recouvert par papier aluminium pour le protéger contre la lumière.

b- Prélèvement à partir des carreaux de la mine (en dehors du champ minier)

Des prélèvements ont été réalisés en dehors de la mine visant la récolte d'échantillons de déférente nature sol, plantes, poussière et eau.

L'ensemble des échantillons prélevés constitue 19 échantillons au total dont : 10 échantillons de sol et 9 échantillon de plantes de différent type réalisée à l'extérieur de la mine sur les quatre pôles (Nord, Sud, Est et Ouest). En avançant sur un périmètre délimité entre 500 m et 1500 m à partir du contour du champ minier avec un pats de 500m (Ex : prélèvement de l'échantillon de sol sur le côté Est à 500m puis a 1000m et a 1500m même chose pour la végétation). La disposition des points de prélèvement des échantillons de sol et de végétation en dehors du champ minier est indiquée sur la figure III.2.

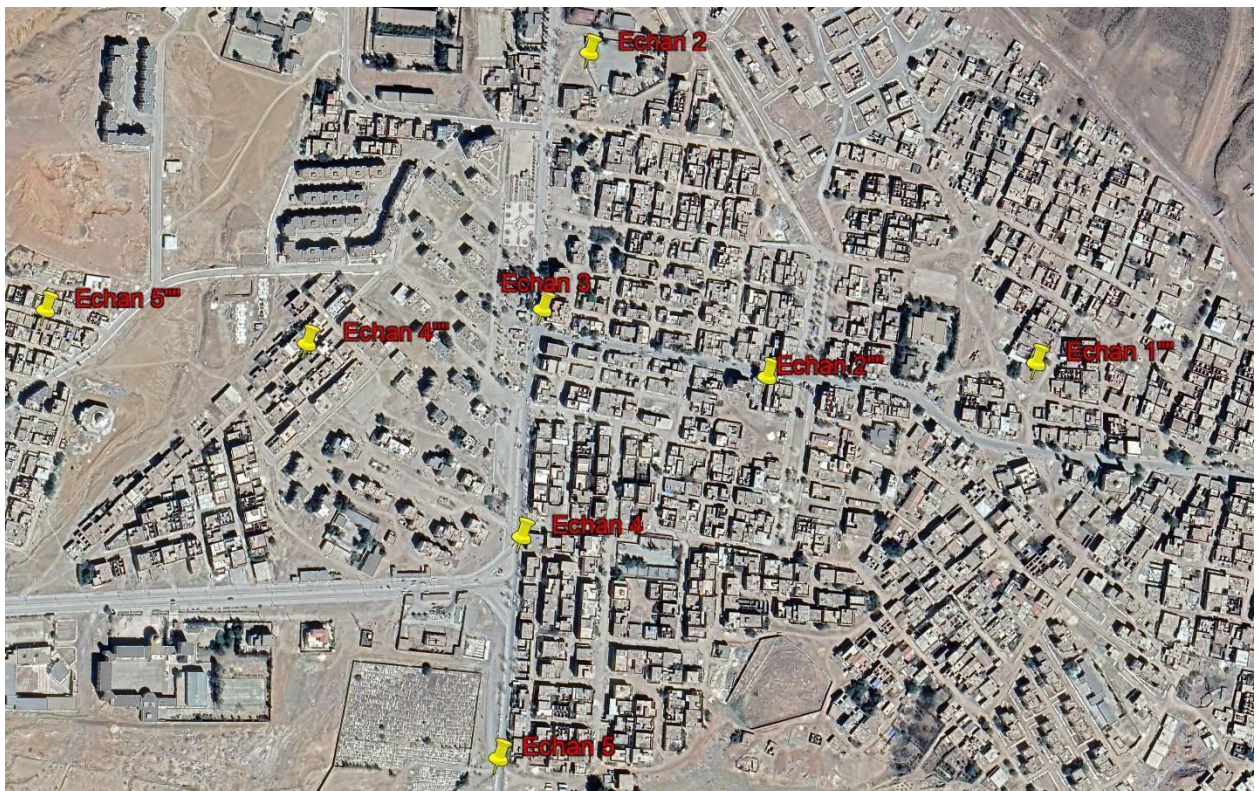


Figure III.02 : Point de prélèvement des échantillons de sol et végétation en dehors du champ minier.

Concernant la récolte des échantillons de poussière en suspension, on a procédé de la manière suivante :

Nous avons déposé des cuvettes sur les endroits les plus poussiéreux (en dehors de la mine et ce sur les différents niveaux du périmètre délimité de notre part pour l'étude). , à l'intérieur desquelles nous avons déversé du Méthanol (le 1/3 du volume du récipient en question- selon les indications théoriques). L'intérêt du méthanol réside d'une part dans son aspect à capter la poussière en suspension et à la stabilisé (ce qu'on appelle le principe de piégeage) et de l'autre ralentir son aspect volatil du fait que le Méthanol s'évapore très longuement. [5]

II.3 Préparation des échantillons

□ Minerai et stérile

Les échantillons sont préparés au niveau de laboratoire du département génie minier, la figure (1) représente un diagramme des étapes de préparation des échantillons (minerai et stérile). Ce diagramme se compose de concassage, broyage ainsi que l'analyse physico chimique (DRX, FX).

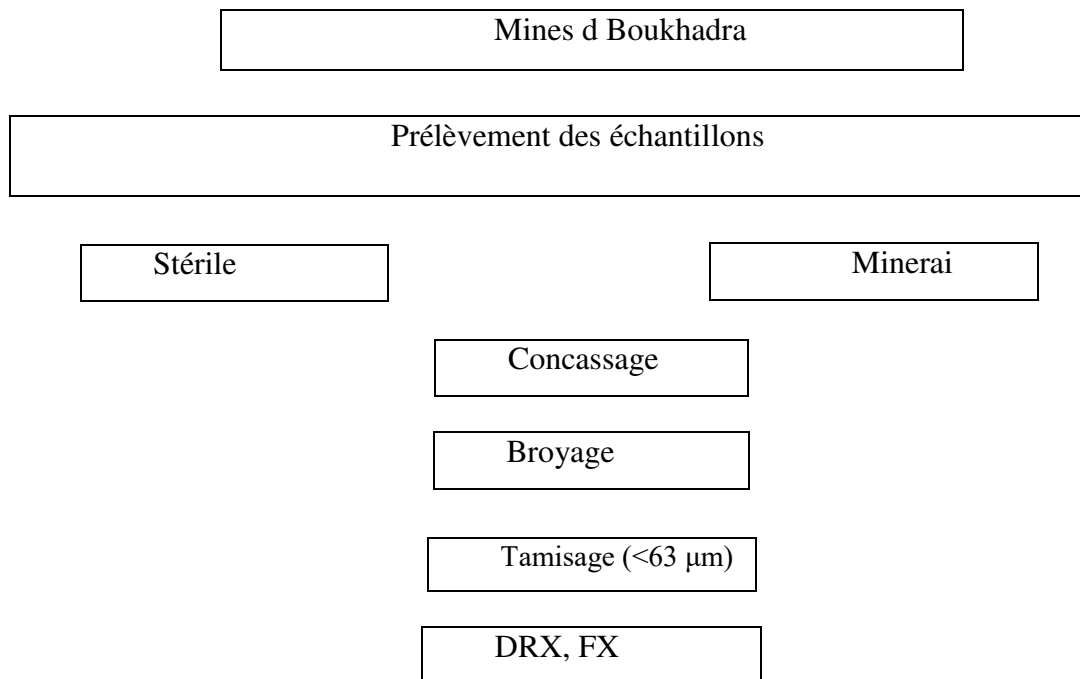


Figure III. 03 : Protocole De Présentation Du Minerai et Stérile De Boukhadra.

Concassage

Le concassage est la première étape du procédé de fragmentation, il est effectué généralement par voie sèche, il consiste à réduire la dimension du minerai. Cette étape de traitement prépare le minerai à subir une autre réduction de granulométrie (broyage) ou a passé directement aux étapes de classification et/ou de concentration. En règle générale, elle ne se produit pas des résidus. [16]

Cette opération est effectuée au laboratoire de génie de procédés du département génie des procédés au niveau de l'université de Bejaia.

Le concassage des échantillons étudiés a été assuré par un concasseur à mâchoire de type FRITSCH, il permet une réduction des morceaux jusqu'à une dimension 1 mm et représenté sur la figure ci-dessous.



Figure III. 04: Concasseur à mâchoire de laboratoire.

Broyage

Le broyage est la dernière étape du procédé de fragmentation, il est effectué par deux voies sèche et humide, il consiste à diviser un solide pour faire augmenter sa surface spécifique, cette opération se fait jusqu'à l'obtention de la maille de libération du minerai. [17] Le broyage des échantillons a été assuré par un mortier (broyage manuelle).



Figure III.05 : Mortier.

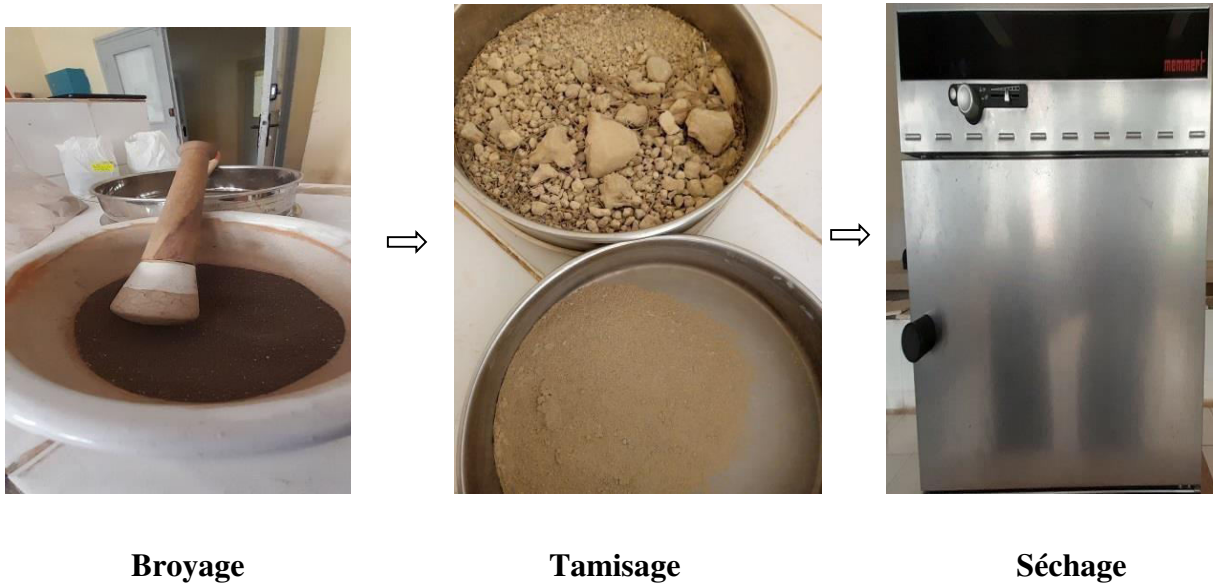
Tamisage

Le tamisage est le passage d'un produit solide ou d'une suspension au tamis pour réaliser la séparation éventuellement l'analyse granulométrique de certains éléments.

L'analyse granulométrique des échantillons est effectuée sur un tamis de dimension de $63\mu\text{m}$.

- **Sol**

Les échantillons de sol ont été broyée manuellement à l'aide d'un mortier puis furent passés à travers un tamis métallique (la maille du tamis $<65\mu\text{m}$). L'opération de séchage fut dirigée sur des quantités de 200g prélevé sur chaque échantillon broyé, ces derniers ont été placés par la suite dans du papier aluminium puis dans une étuve pendant 24 heures à une température de 105°C , la figure III.05 ci-dessous représente les étapes de préparation du sol. Finalement une analyse physico-chimique (DRX, FX et SAA) sera pratiquée sur ces derniers. Les analyses de DRX et FX ont été réalisées au niveau du PTAPC quant à l'analyse SAA, elle fut dirigée au sein de l'ORGM BOUMERDES.

**Broyage****Tamisage****Séchage****Figure III.06** : Préparation des échantillons de sol.**Séchage :**

C'est une opération unitaire qui a pour but d'éliminer par vaporisation l'eau qui imprègne un produit (liquide ou solide) afin de le transformer en produit solide.

- **Plante**

Les échantillons de plante ayant été récoltés sont par la suite rincés avec de l'eau afin d'en éliminer les contaminants de surface tel que la poussière. Ces plantes ont été séchées naturellement, les feuilles sèches ont été broyées par un broyeur « IKA11basic » présenté sur la figure III.06 ci-dessous, cette dernière énumère les étapes de préparation des échantillons.

Une quantité avoisinant les 5 g de chaque échantillon fera l'objet d'analyse physico-chimique par DRX.

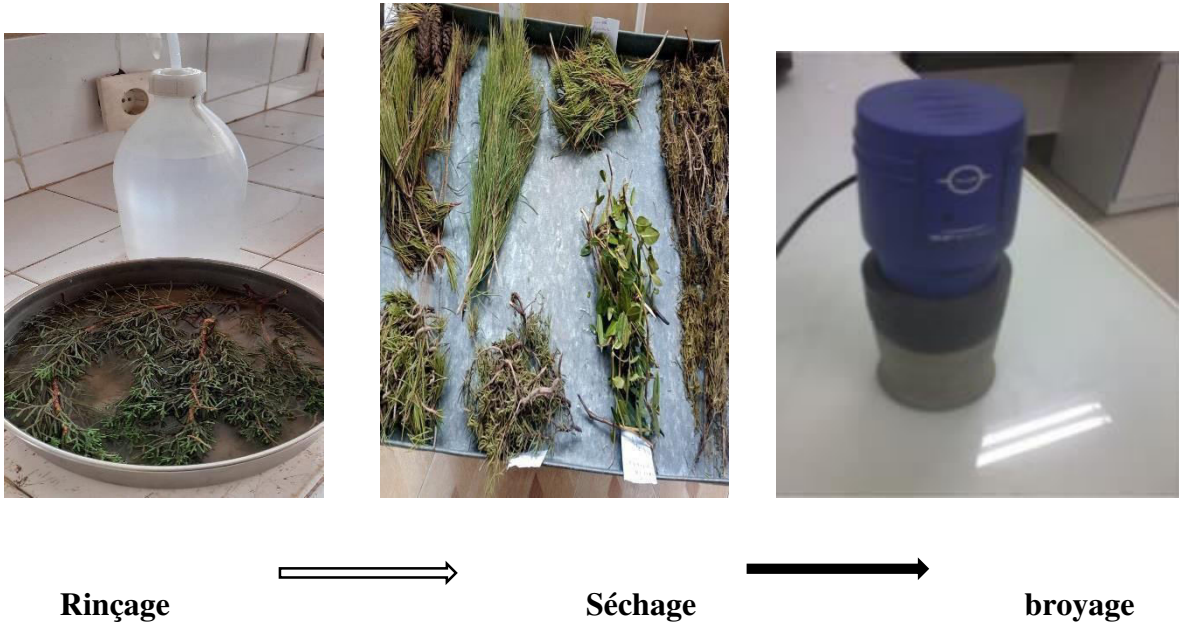


Figure III.07: Préparation des échantillons de plante.

- **Eau**

Une opération d'égouttage qui été faite pour les eaux récupérées lors du rinçage des feuilles de plante font l'objet d'une opération d'égouttage dont l'objectif est de récupérer la quantité de poussière résiduelle. Par la suite la poussière en question fut séchée pendant 8 heures à une température de 105°C.

III.4. Méthodes d'analyse

Les analyses des différentes fractions granulométriques broyés obtenus lors d'opération de tamisage par fluorescence X été réalisée au niveau de laboratoire de physique, Diffraction Rayon X est réalisés au niveau du centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimiques PTAPC a l'université de Bejaia et la spectrométrie d'absorption atomique été réalisé au niveau de l'office nationale de recherche géologique et minière Boumerdes.

III.4.1. Diffraction par Rayons X (DRX) :

a- Principe d'analyse :

L'échantillon solide finement broyé est monté sur un porte échantillon adéquat, puis soumis à un faisceau de rayons X pour être diffractés par les plans réticulaires des phases cristallines présentes.

En effet, il existe une relation entre l'angle du faisceau diffracté et la distance réticulaire séparant les plans d'atomes au sein d'un réseau cristallin ; celle-ci est régie par :

La loi de Bragg ; $n\lambda = 2d\sin\theta$ D'où λ : longueur d'onde en angströms ;

d : distance réticulaire en angströms ; θ : angle de diffraction ou de réflexion en degrés.

Les diffractogramme ainsi obtenus, à l'aide d'un diffractomètre à rayons X, sont interprétés. Les positions et les intensités des pics observés sont comparés aux fichiers de référence PDF-ICDD (Powder Diffraction File - International Center for Diffraction Data) pour l'identification des phases minéralogiques présentes. Et éventuellement l'utilisation de RIR (Reference Intensity Ratio) inclus dans le logiciel HighScore Plus du fichier PDF-ICDD permet l'estimation semi quantitative des phases correspondantes détectées quand celle-ci est requise et/ou possible.

b- Conditions d'analyse

- Diffractomètre PANalytical: XPERT-PRO, tube radiogène céramique à anticathode de cuivre, puissance du générateur à RX: 40 mA, 45 kV ;
- Logiciel pour l'acquisition des données : Data Collector de PANalytical ;
- Logiciel pour traitement des données : HighScore Plus de PANalytical ;
- Longueur d'onde Cu $K\alpha$ [Å] : 1,5418 ;
- Angle de départ [$^{\circ}2\theta$] : 2,0000 ;
- Angle final [$^{\circ}2\theta$] : 70,0000 roche totale et 35,0000 pour les argiles orientées ;
- Taille du pas [$^{\circ}2\theta$] : 0,0170 ;
- Temps du pas [s] : 87,2256.



Figure III.08 : Appareil PANalytical

III.4.2 Fluorescence X (FX)

La fluorescence X (XRF) est une technique d'analyse qui peut être utilisée pour déterminer la composition chimique d'une grande variété de types d'échantillons, y compris les solides, les liquides, les boues et les poudres libres. La fluorescence X est également utilisée pour déterminer l'épaisseur et la composition des couches et des revêtements. Elle peut analyser des éléments allant du béryllium (Be) à l'uranium (U) dans des gammes de concentrations allant de 100 wt% à des niveaux inférieurs aux ppm.

Principe d'analyse

L'échantillon séché et pressé est utilisé pour l'analyse des éléments majeurs et traces. La pastille obtenue est soumise à une source de rayonnement X primaire. Il s'ensuit une excitation des atomes qui vont émettre un rayonnement X secondaire de fluorescence caractéristique de la composition chimique de l'échantillon à analyser.

III.4.3 la spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) c'est une méthode analytique qui a pour but essentiel de déterminer la quantité des éléments chimiques (métaux) qui existe dans matériaux en mesurant le rayonnement absorbé par ce dernier. la figure III.08 représente un spectromètre d'absorption atomique du laboratoire du type : Agilent Technologies 5900



Figure III.09 : Spectromètre d'absorption atomique du laboratoire du type :

Agilent Technologies 5900.

Conclusion

Aux cours de ce chapitre nous avons citez quelque généralité sur les métaux lourds et leurs effets, nous avons aussi d'écrit l'ensemble des méthodologies et des différente analyses réalisées sur les échantillons prélevés du gisement de fer de Boukhadra, en vue de définir et identifier la composition chimiques et minéralurgique d'une part et de quantifier les phases minérales d'autre part.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Introduction

Les résultats de l'analyse minéralogique par DRX, chimique par FX et par SAA de l'ensemble des échantillons prélevés par soin sur le site de la mine de fer de Boukhadra sont présentés par les diffractogrammes, les Histogrammes et les tableaux ayant été organisés de notre part comme ce qui suit et ce dans le but d'en faciliter la lecture :

Echantillons de référence (minerai + stérile)

Le prélèvement de l'échantillon de minerai ainsi que celui du stérile (comme avancé sur le chap.2- section prélèvement des échantillons) fut évidemment de l'intérieur de la mine. Les résultats d'analyse qualitative et quantitative de ces échantillons constitueront donc la base ou bien la référence sur laquelle se tiendront les comparaisons des résultats d'analyses du reste de nos échantillons destinés à représenter les composantes environnementales de Boukhadra et dont on fait le rappel :

a. In-situ avec

- Un échantillon de sol prélevé sur le niveau 1030 en activité ;
- Du niveau 1030 également, un échantillon de poussière d'environ 15g récupéré grâce à l'égouttage de l'eau de rinçage d'une plante de romarin (une des rares plantes constituant la couverture végétale très limitée de la région du fait de son climat sévèrement semi-haride ou l'on constate un manque d'eau notable), ainsi d'une autre plante dite pin d'Alep récupérée telle qu'elle ;
- Un échantillon de poussières diffuses de l'ordre de 20g et un autre de quantité bien moindre vu la durée insuffisante de temps, les 02 piégés et récupérés respectivement à la station-concasseur et sur la route d'exploitation (de la manière présentée sur le point 2. ... - partie préparation des échantillons du chapitre 3).

Ces 04 échantillons feront l'objet de caractérisation minéralogique et chimique dont les résultats seront exposés sur ce chapitre même.

b. Out-situ (en dehors des carreaux de la mine) avec

- 06 échantillons de sol récoltés par l'échantillonnage dit systématique basée pour notre cas sur un prélèvement polaire en commençant du nord et de droite à gauche tout en

IV.1. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la diffraction des rayons X

Minerai de fer :

La caractérisation minéralogique ou qualitative par DRX des différents échantillons précédemment configurés fut dirigée en vue de satisfaire 03 objectifs : quantifier les phases composites ou celle dominante de notre minerai, les identifier et finalement les utiliser comme base de données comparatives en vérifiant leurs existences sur les composantes environnementales en vue d'en confirmer l'impact et son étendu, quel que soit son ampleur. Nous considérons que ses objectifs sont atteints :

- Le diffractogramme interprétatif des résultats d'analyse de l'échantillon de minerai de fer de BOUKHADRA représenté sur la figure IV.01 ci-dessus nous révèle que ce dernier est principalement composé de 04 phase minérales majeurs, ces phases sont reportées sur le tableau IV.01 :

Tableau IV.01 : caractérisation minéralogique de l'échantillon minerai de fer

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe_2O_3	33.17 ;35.64 ;49.47 ;54.1
Epsomite	$MgSO_4(H_2O)_7$	21.12 ;58.98
Composé : silicate de sodium d'aluminium et d'oxyde de calcium	$Ca_{32}O_{72}Al_{22}Na_7Si_2$	23.25 ;32.98 ;33.12 ;33.30 ;40.90
Quartz	SiO_2	26.68 ;36.66

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.01), l'échantillon de minerai de fer montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, Epsomite et Silicate de Sodium d'Aluminium et d'oxyde de Calcium(Ca-Al) D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 36.66 ;40.90 et 54.1 ;58.98 elles correspondent au minérale le plus dominant dans le minerai brut ce qui confirme la nature ferrifère de notre échantillon.

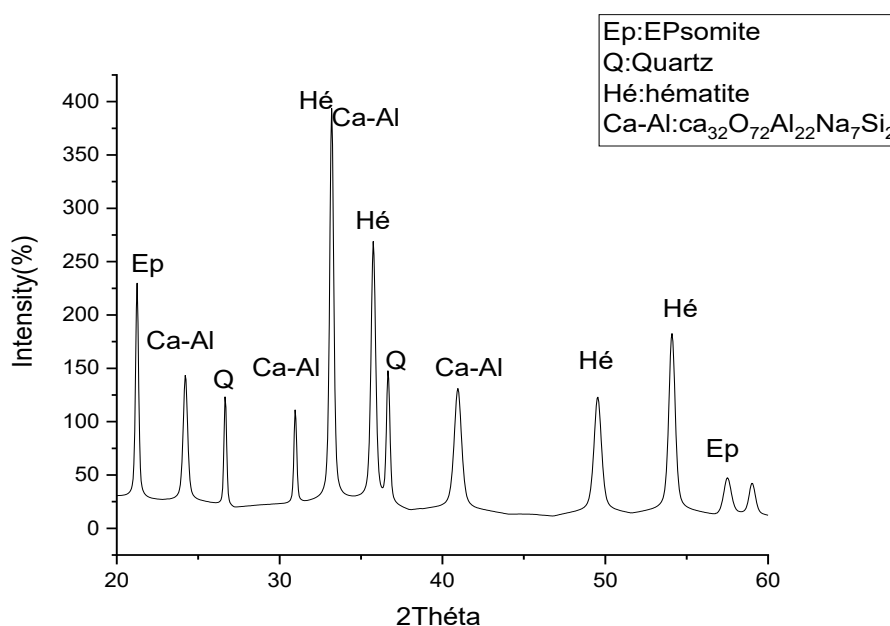


Figure IV.01 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon minerai de fer

Stérile

Les résultats d'analyse de l'échantillons de stérile prélevé de la mine de fer de BOUKHADRA représentée sur le tableau IV.02 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs.

Tableau IV.02 : caractérisation minéralogique de l'échantillon stérile

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Calcite	CaCO ₃	23.20 ;31.10 ;36.09 ;42.96 ;47 ;48 ;64.26
Quartz	SiO ₂	21.02 ;26.42 ;50.12 ;68.53
Muscovite	KAl ₂ (OH,F)	39.42 ;57.40 ;77.36

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.02), l'échantillon stérile montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Calcite, Quartz et Muscovite. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 64.26 ;68.53 et 77.36 elle correspond au minérale le plus dominant dans le stérile ce qui confirme la nature de notre échantillon.

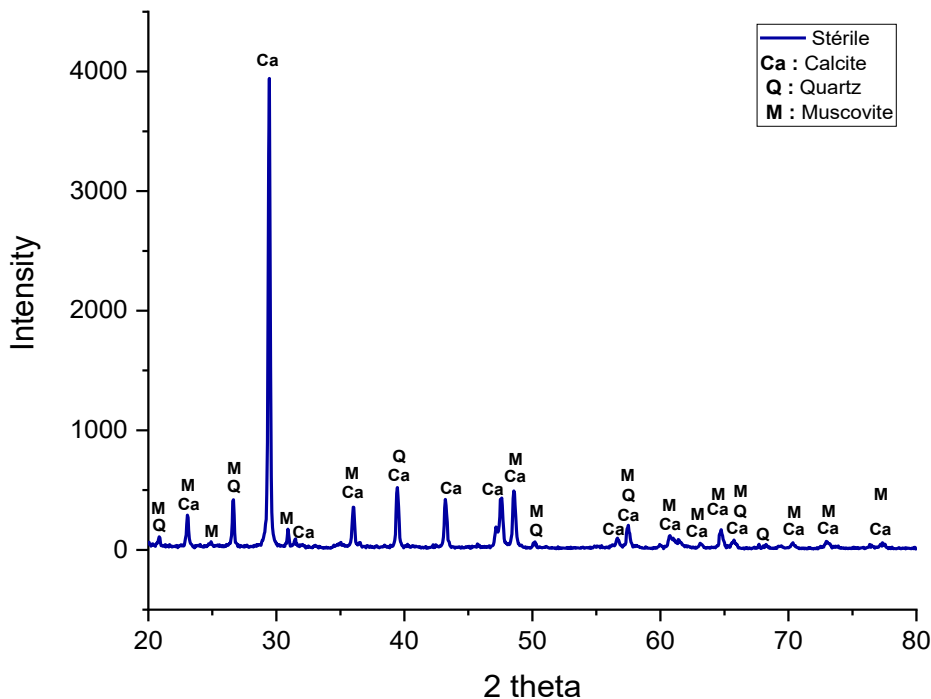


Figure IV.02 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon minerais de stérile

Sol

Échantillon S1030(in-situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillons de sol prélevé de la mine de fer de BOUKHADRA sur le niveau 1030 représentée sur le tableau (IV.03) ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs.

Tableau IV.03 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.1030

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Calcite	CaCO ₃	23.41 ; 29.34 ;47 ;48
Hématite	Fe ₂ O ₃	33.18 ;41.09 ;54.08 ;54.64.47
Quartz	SiO ₂	21.02 ;26.63 ;45.76 ;50.23 ;60.21 ;68.21

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.03), l'échantillon de sol(S1030) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Calcite, Hématite et Quartz. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 64.26 ;68.53 et 77.36 elle correspond au minérale le plus dominant dans le stérile ce qui confirme la nature de notre échantillon

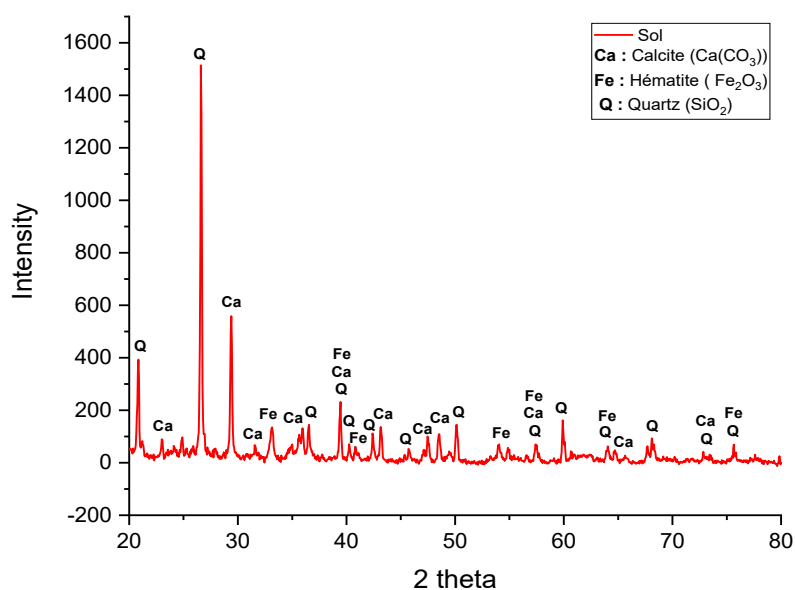


Figure IV.03: Le diffractogramme par rayons X de l'échantillon S. 1030 in

N1 sol :(out situ)

Les résultats d’analyse de l’échantillons de sol prélevé de l’extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du côté nord, à une distance de 500m représentée sur le tableau IV.04 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs

Tableau IV.04 : caractérisation minéralogique de l’échantillon S.N1

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	24.30 ;33.28 ;35.74 ;40.97 ;54.23 ;57.72
Quartz	SiO ₂	20.95 ;26.74
Dolomite	MgCa(CO ₃)	29.55 ;39.60 ;43.36 ;48.76
Oxyde de nikel iron	Fe _{1/6} NiO ₄ Sc _{0,4}	35.10 ;42.61

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.04), l’échantillon de sol (N1-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, Dolomite et oxyde de Nickel Iron. D’après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 57.7,26 .74, 48.76 et 42.61 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.N1ce qui confirme la nature de notre échantillon

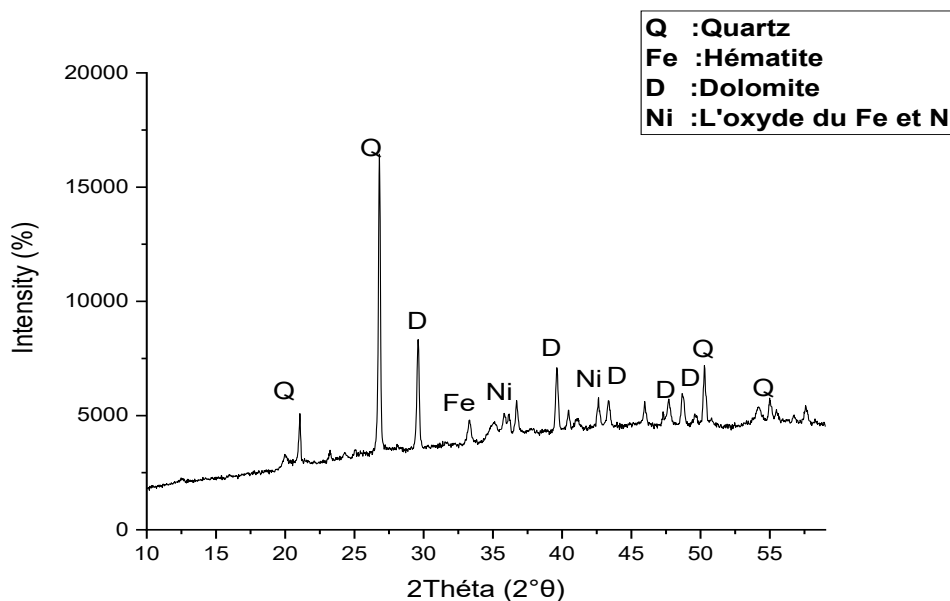


Figure IV.04: Le diffrctogramme par rayons X de l’échantillon S.N1out

E3 sol (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de sol prélevé de l'extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du coté est, à une distance de 1500m représentée sur le tableau IV.05 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs

Tableau IV.05 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S. E3

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	33.28 ;35.74
Quartz	SiO ₂	20.96 ;26.75
Carbonate de calcium	CaCO ₃	23.40 ;29.74 ;39.61

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.05), l'échantillon de sol (E3-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, et Carbonate de calcium. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 35.74 ;26.75et 29.74 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.E3 ce qui confirme la nature de notre échantillon

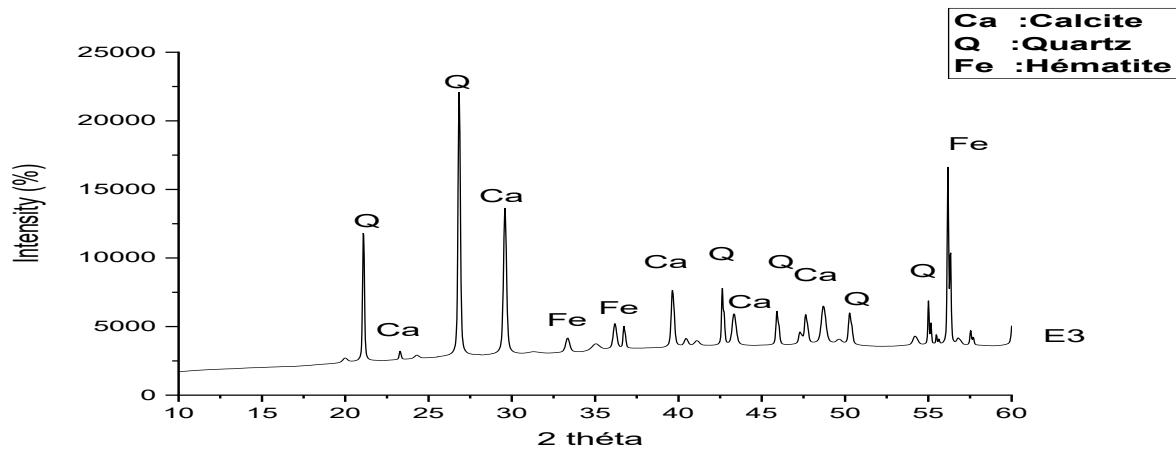


Figure IV.05 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.E3 out

O2 sol (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillons de sol prélevé de l'extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du coté ouest, à une distance de 1000m représentée sur le tableau IV.06 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs

Tableau IV.06: caractérisation minéralogique de l'échantillon S. O2

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	33.30 ;35.79 ;54.32
Quartz	SiO ₂	20.99 ;26.81 ;50.92
Dolomite	MgCa(CO ₃)	29.55 ;39.46 ;47.78 ;48.75

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.06), l'échantillon de sol (O2-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, et Dolomite. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 33.30 ;26.81et 29.55 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.O2 ce qui confirme la nature de notre échantillon

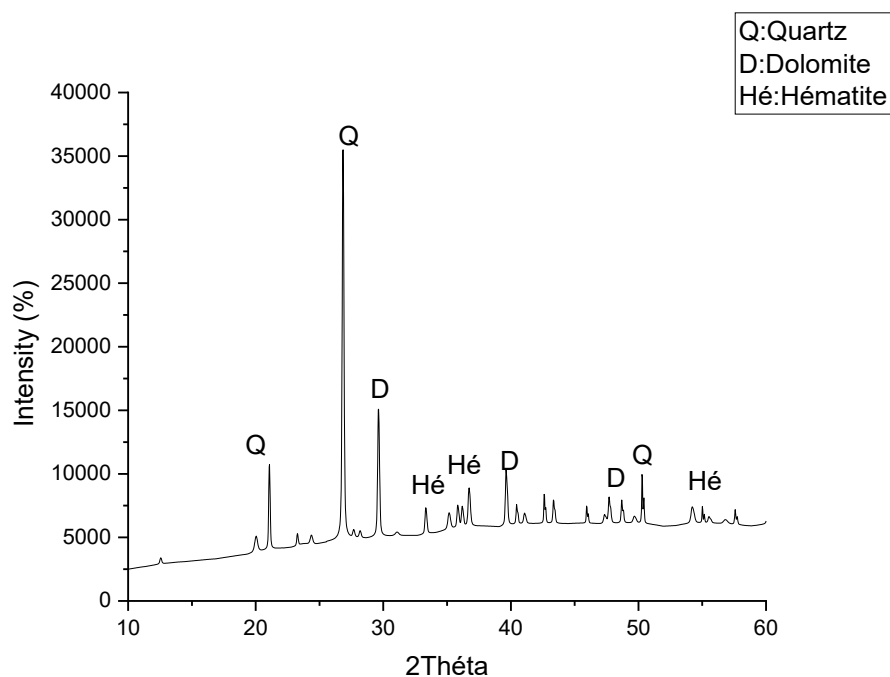


Figure IV.06 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.O2 out

O3 sol (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de sol prélevé de l'extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du coté ouest, à une distance de 1500m représentée sur le tableau IV.07 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs

Tableau IV.07 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.O3

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Calcium Magnésium	(MgCa)(CO ₃)	23.29 ;29.4 ;43.55 ;39.72
Quartz	SiO ₂	26.63 ;45.75 ;50.16 ;68 ;50.57 :60.17
Hématite	Fe ₂ O ₃	33.19 ;36.47 ;57.56
Uvarovite	(Ca Mn)(Cr Al Fe Ti)Si O	21 ;36.66

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.07), l'échantillon de sol (O3-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, Calcium Magnésium et Uvarovite. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 33.10 ;26.63 ;43.55et 21 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.O3 ce qui confirme la nature de notre échantillon

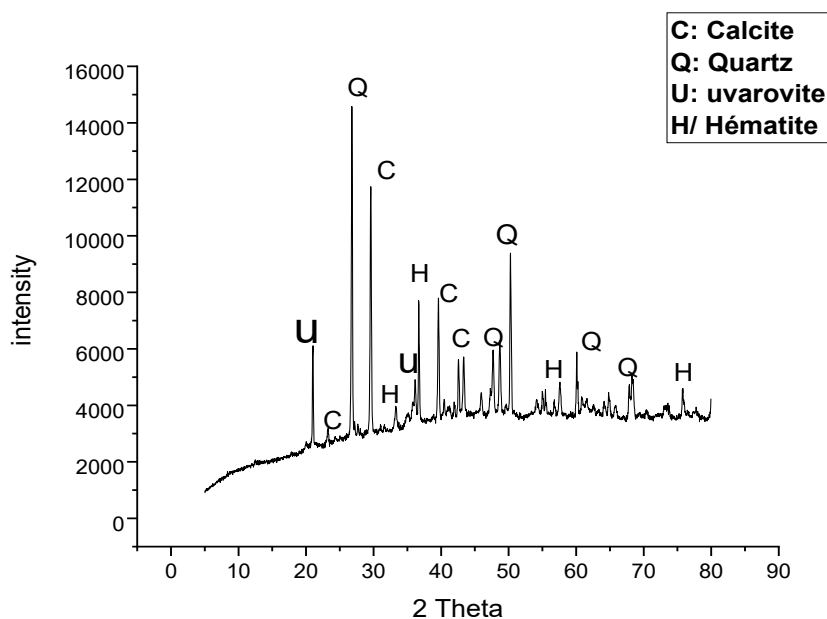


Figure IV.07: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.O3 out

S2 sol (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de sol prélevé de l'extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du côté sud, à une distance de 1000m représentée sur le tableau IV.08 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs

Tableau IV.08 : caractérisation minéralogique de l'échantillon S.S2

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	24.30 ;33.28 ;35.74 ;54.23
Quartz	SiO ₂	20.95 ;26.75
Dolomite	MgCa(CO ₃)	29.55 ;39.60 ;47.78 ;48.75

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.08), l'échantillon de sol (S2-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz et Dolomite. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 54.23 ;26.75et 29.55 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.S2 ce qui confirme la nature de notre échantillon.

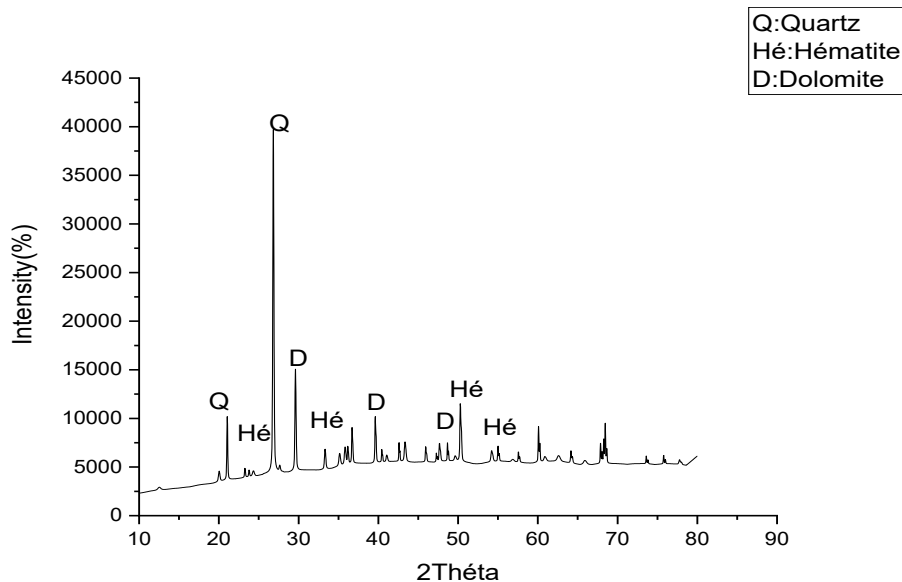


Figure IV.08 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.S2 out

S3 sol (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de sol prélevé de l'extérieur la mine de fer de BOUKHADRA du côté sud, à une distance de 1500m représentée sur le tableau IV.09 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs

Tableau IV.09: caractérisation minéralogique de l'échantillon S.S3

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	24.30 ;33.28 ;35.74 ;54.23
Quartz	SiO ₂	20.99 ;26.81 ;50.92
Dolomite	MgCa(CO ₃)	29.55 ;39.60 ;47.78 ;48.75

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.09), l'échantillon de sol (S3-out situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz et Dolomite. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 35.74 ;26.81 et 29.55 elle correspond au minérale le plus dominant dans le S.S3 ce qui confirme la nature de notre échantillon

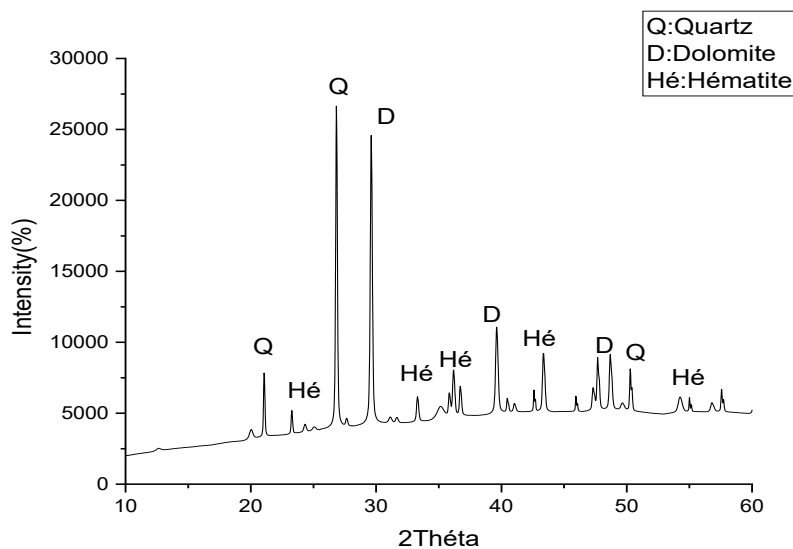


Figure IV.09 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon S.S3 out

Poussière concasseur (in-situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de poussière prélevé à l'intérieur de la mine de fer de BOUKHADRA dans le concasseur, représentée sur le tableau IV.10 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de cinq phases minérales majeurs.

Tableau IV.10 : caractérisation minéralogique de l'échantillon Pous.conc in

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Hématite	Fe ₂ O ₃	24.22 ;33.22 ;49.62
Quartz	SiO ₂	20.96 ;26.75 ;50.35
Dolomite(calcite manganésienne)	MgCa(CO ₃)	23.16 ;29.55 ;43.36
Vanadium titanium	VTiC ₂	39.20 ;41 ;54.15
Pyrope	Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	31 ;39.20 ;57.73

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.10), l'échantillon de poussière concasseur (in-situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, Dolomite, Vanadium titanium et Pyrope. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 33.22 ;26.75 ;43.36 ;39.20et 31 elle correspond au minérale le plus dominant dans le Pous.conc in ce qui confirme la nature de notre échantillon.

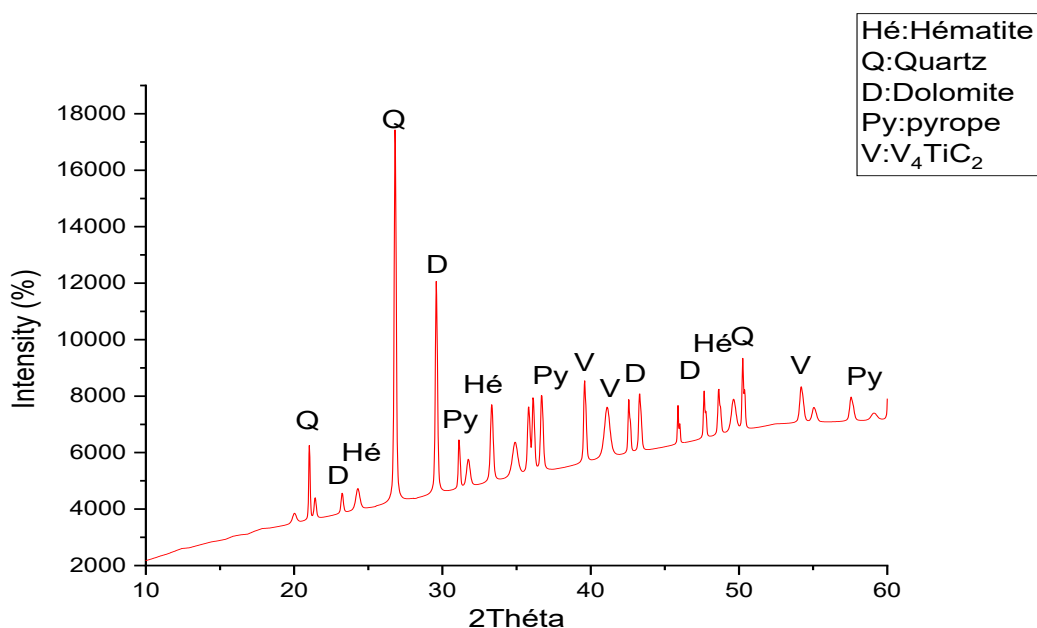


Figure IV.10 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss.conc in

Poussière route d'exploitation 1030 (in situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de poussière prélevé à l'intérieur de la mine de fer de BOUKHADRA dans la route d'exploitation, représentée sur le tableau IV.11 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de cinq phases minérales majeurs.

Tableau IV.11 : caractérisation minéralogique de l'échantillon pouss. 1030

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 thêta
Hématite hydraté	$Fe_{10,56}H_{0,36}O_{18}$	33.30 ;41 ;49.69
Dolomite	$CaMgCo_3$	29.55 ;39.60 ;48.75
Quartz	SiO_2	20.95 ;26.75 ;50.35 ;36.72
Phosphate sodium et cobalt	$NaCo(PO_4)$	35.72 ;37 ;49.59
Oxyde de Nickel et titanium	$(Ni,Ti)O_3$	24.13 ;53.55

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.11), l'échantillon de poussière route d'exploitation 1030 (in-situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite hydraté, Quartz, Dolomite, Phosphate sodium et cobalt et Oxyde de Nickel et titanium. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 33.30 ;26.75 ;29.55 ;35.72et 53.55 elle correspond au minérale le plus dominant dans le Pouss.1030 in ce qui confirme la nature de notre échantillon.

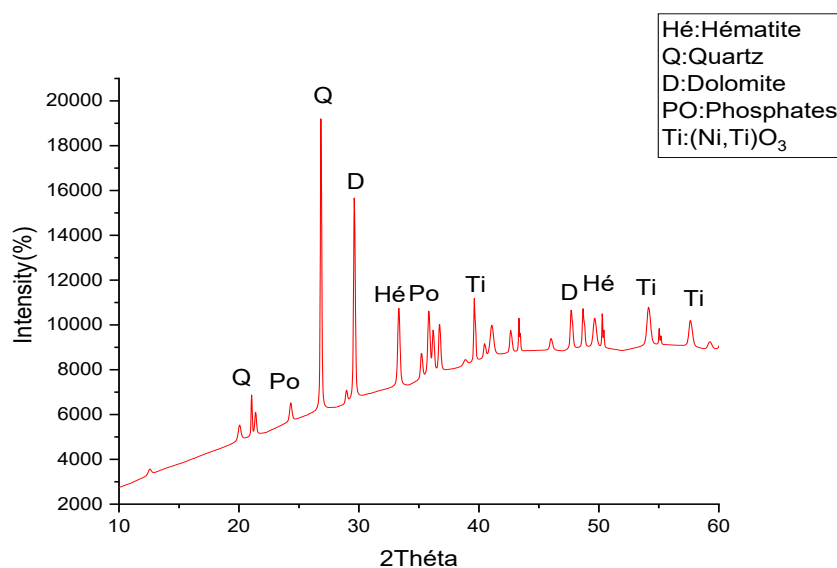


Figure IV.11: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss. 1030 in

Poussière 2000 (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de poussière prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA, à une distance de 2000m représentée sur le tableau IV.12 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs.

Tableau IV.12 : caractérisation minéralogique de l'échantillon pouss. 2000

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 thêta
Hématite	$Fe_{10,56}H_{0,36}O_{18}$	34.2 ;36.05 ;50
Dolomite	$CaMgCO_3$	30.10 ;45 ;47 ;48
Quartz	SiO_2	26.02 ;38.10
Oxyde de titane et de magnésium	$(Mg.Ti)O_2$	21.5 ;39 ;40.09 ;55 ;59.02

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.12), l'échantillon de poussière 2000 (out-situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Hématite, Quartz, Dolomite et Oxyde de titane et de magnésium. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 34.2 ;26.02 ;30.10 et 21.5 elle correspond au minérale le plus dominant dans le Pouss.2000 out ce qui confirme la nature de notre échantillon.

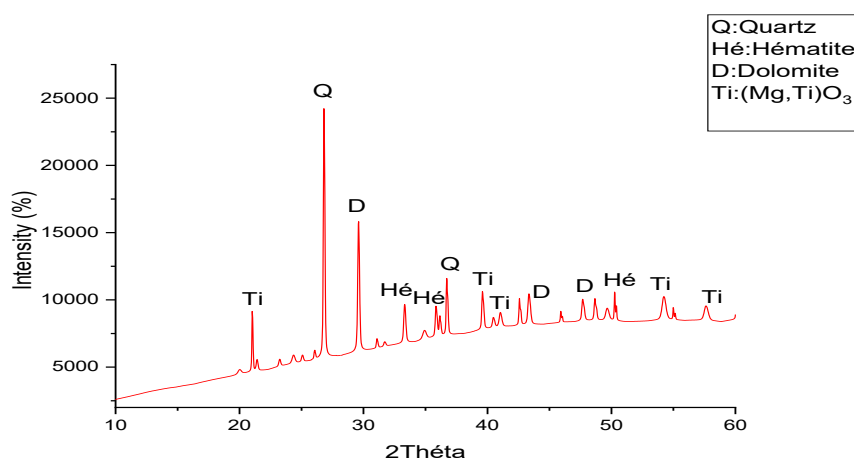


Figure IV.12: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon pouss.2000 out

Poussière 1000 (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de poussière prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA, à une distance de 1000m représentée sur le tableau IV.13 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de cinq phases minérales majeurs.

Tableau IV.13 : caractérisation minéralogique de l'échantillon pouss. 1000

Nom de la phase	Formule chimique	Angle 2 thêta
Hématite	$Fe_{10,56}H_{0,36}O_{18}$	34.2 ;36.05 ;50
Dolomite	$CaMgCO_3$	30.10 ;45 ;47 ;48
Quartz	SiO_2	20.10.26.02 ;38.10
Oxyde de titane et de magnésium	$(Mg.Ti)O_2$	21.5 ;39 ;40.09 ;55 ;59.02
	$Cd Cr_2 S_4$	39.1 ;52.12

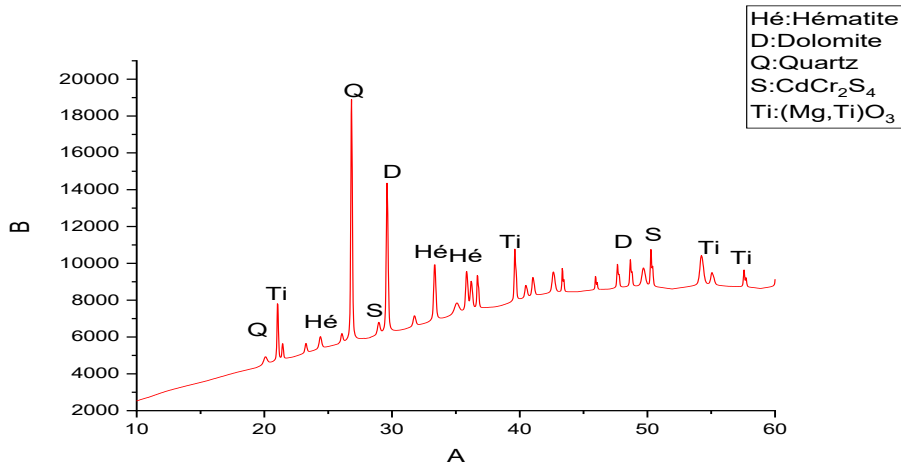


Figure IV.13: Le diffractogramme par rayons X de l'échantillon pouss.1000 out

Plante

1030 plante (in situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de plante prélevé à l'intérieur de la mine de fer de BOUKHADRA, au niveau de 1030 représentée sur le tableau IV.14 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs.

Tableau IV.14: caractérisation minéralogique de l'échantillon P. 1030

Nom de phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Iron Tin Oxyde	$Fe_2Sn_{0,1}O_3$	33.1 ;40.8 ;49.38
Carbonate de calcium	$CaCO_3$	29 ;35 ;39 ;48
Oxyde de barium de bismuth et de potassium	$Ba_{0,6}K_{0,4}BiO_3$	43 ;47
Pyridyl actommi	$N_{16}C_{88}H_{120}O_{24}$	20.68 ;26.64 ;54

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.14), l'échantillon de plante 1030 (in-situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Iron Tin Oxyde, Carbonate de calcium, Oxyde de barium de bismuth et de potassium et Pyridyl actommi. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 33.1 ;29 ;43 et 26.64 elle correspond au minérale le plus dominant dans la plante 1030 in ce qui confirme la nature de notre échantillon.

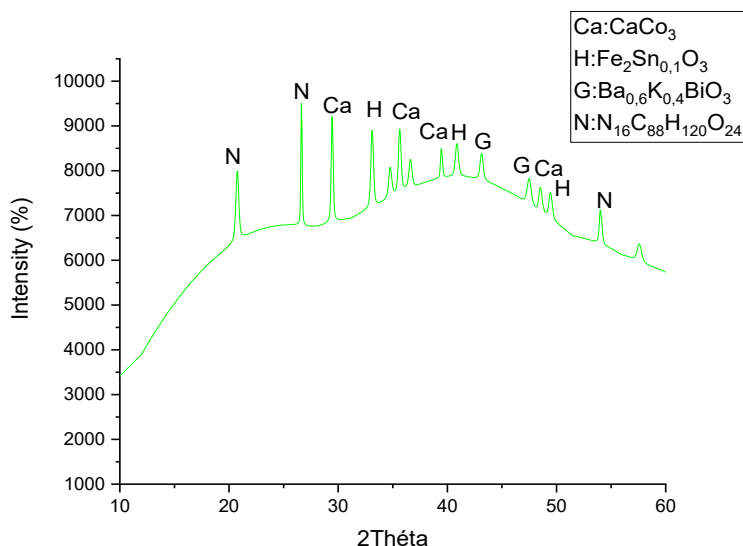


Figure IV.14: Le diffractogramme par rayons X de l'échantillon P.1030 in

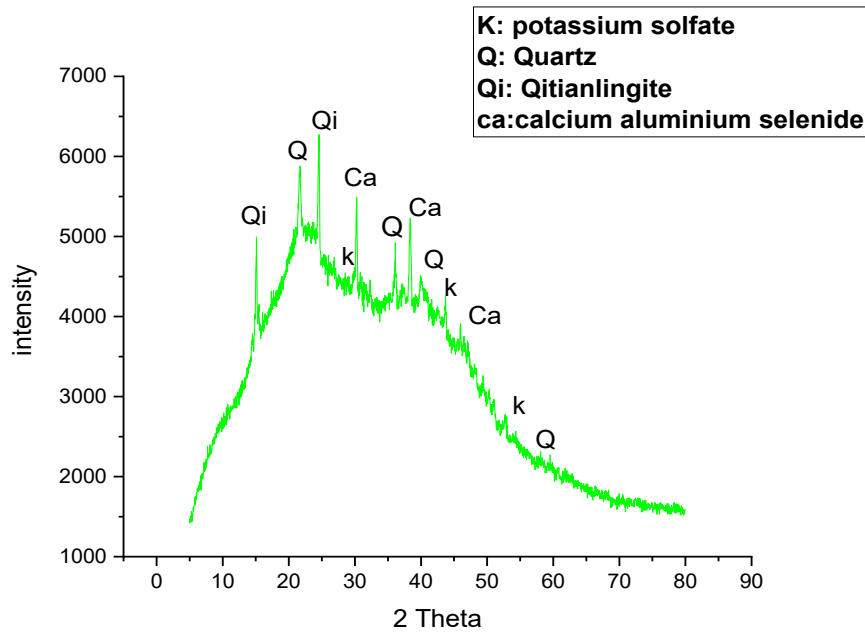
S2 plante (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de plante prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA du côté sud, à une distance de 1000m, représentée sur le tableau IV.15 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs.

Nom de phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Calcium Aluminium Selenide	CaAl ₂ Se ₄	16.93 ;30 ;38.47 ;46.42 ;68
Qitianlingite	(Fe Mn Sn Nb)(W Nb)(Nb Ta Ti)O ₁₀	15.11 ;24.85 ;53.15
Quartz	SiO ₂	21.86 ;36.27 ;40.09 ;58.48
Potassium Sulfate	K ₂ S ₂ O ₅	29.12 ;44.45 ;52

Tableau IV.15: caractérisation minéralogique de l'échantillon P. S2

Suivant le diffractogramme de la DRX représenté sur la figure (IV.15), l'échantillon de plante 1030 (in-situ) montre une composition minéralogique hétérogène constituée principalement des phases minérales majeurs qui sont Calcium Aluminium Selenide, Qitianlingite, Quartz et Potassium Sulfate. D'après ces résultats, les pics les plus intenses sont positionnés à 30 ;24 ;36.27 et 44.45 elle correspond au minérale le plus dominant dans la plante 1030 in ce qui confirme la nature de notre échantillon.



FigureIV.15 : Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.S2 out

S3 plante (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de plante prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA du côté sud, à une distance de 1500m, représentée sur le tableau IV.16 ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs.

Tableau IV.16 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. S3

Nom de phase	Formule chimique	Angle 2 théta
Manganacolumbite ferroan	(Mn,Fe)Nb ₂ O ₆	24 ;35 ;36 ;69
	N ₈ C ₄₀ O ₁₆ F ₄ H ₅₂	15.26 ;16.88 ;23.38
	(PO ₄) ₈ NiO	14.85 ;28.72 ;34.81
	C ₅ F ₆ H	22.78 ;26.54 ;39.93 ;41.16 ;42.33 47.12

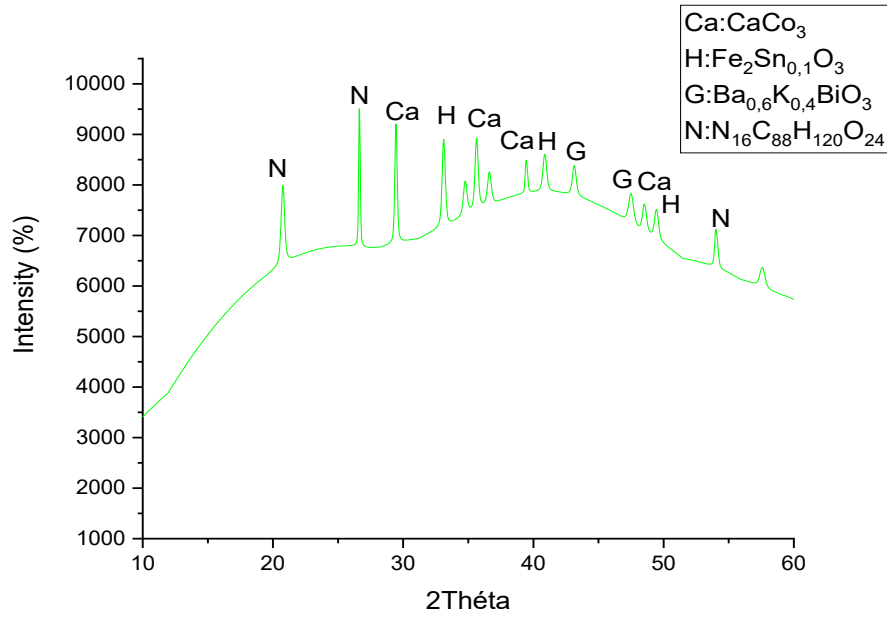


Figure IV.16: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.S3 out

O2 plante (out situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de plante prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA du côté ouest, à une distance de 1000m, représentée sur le tableau (IV.17) ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de trois phases minérales majeurs.

Tableau IV.17 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P.O2

Nom de phase	Formule chimique	Angle 2 théta
	$O_{16}C_{68}N_4H_{60}$	21.39 ;24.54 ;41 ;44
Sodium Aluminium Nickel Floride	AlF_7Na_2Ni	14.97 ;30.21 ;30 ;51.1
Sulfate Dipotasium	$K_8(SO_4)_4$	29.90 ;35 ;37 ;48.32 ;55.18

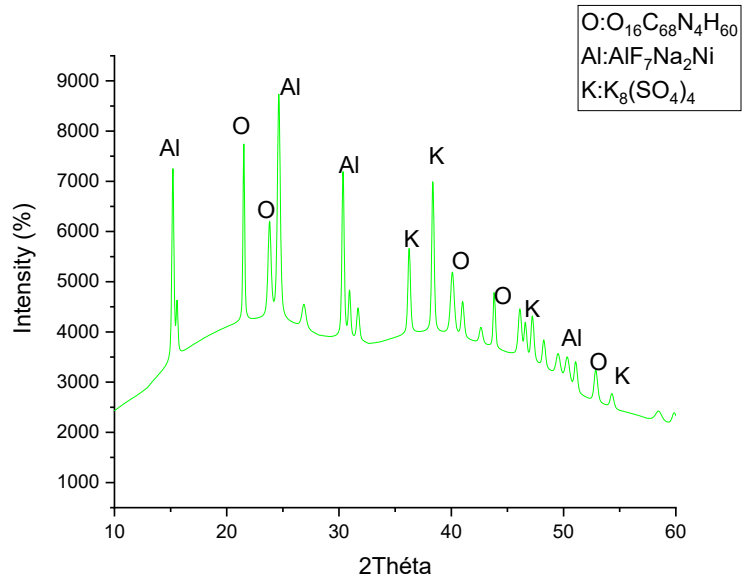


Figure IV.17: Le diffractogramme par rayons X de l'échantillon P.O2 out

O3 plante (out-situ)

Les résultats d'analyse de l'échantillon de plante prélevé à l'extérieur de la mine de fer de BOUKHADRA du côté ouest, à une distance de 1500m, représentée sur le tableau (IV.18) ci-dessous nous révèle que ce dernier est composé de quatre phases minérales majeurs.

Tableau IV.18 : caractérisation minéralogique de l'échantillon P. O3

Nom de phase	Formule chimique	Angle 2 théta
N4C16B4H48	$N_4C_{16}B_4H_{48}$	16.29 ;21.47 ;24.74 ;30
	$O_{304},C_{164}Rb_{32}K_{16}C_{640}H_{704}N_{384}$	14.74

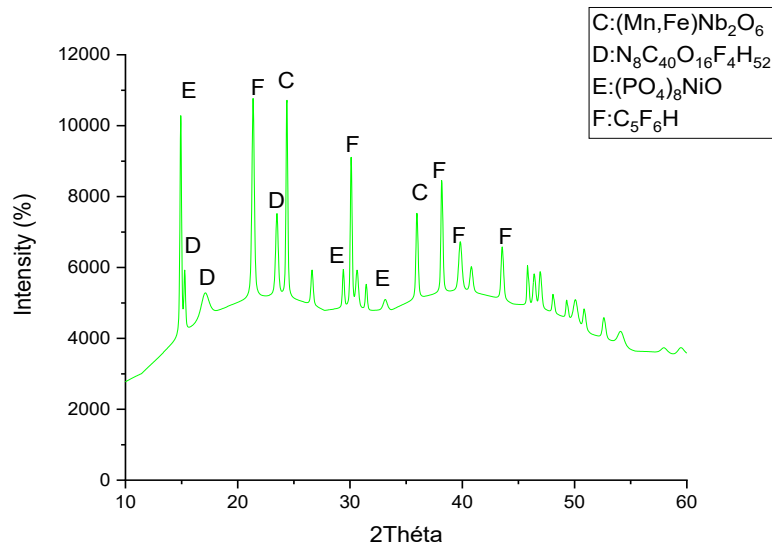


Figure IV.18: Le diffrctogramme par rayons X de l'échantillon P.O3 out

IV.2. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la spectrométrie de fluorescence X

Une analyse qualitative obtenus par FX nous à permis d'en caractériser la composition chimique des échantillons prélever sur le site de Boukhadra.

Ceux de référence ainsi que ceux représentant les composantes environnementales de ce dernier quelque soit leur nature, lieux où stations de prélèvement;

Les résultats obtenus sont représentés sous forme des histogrammes si dessous:

Minerai

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de minerai de fer de Boukhadra (Fe_2O_3) se représenter sur la figure (IV.20):

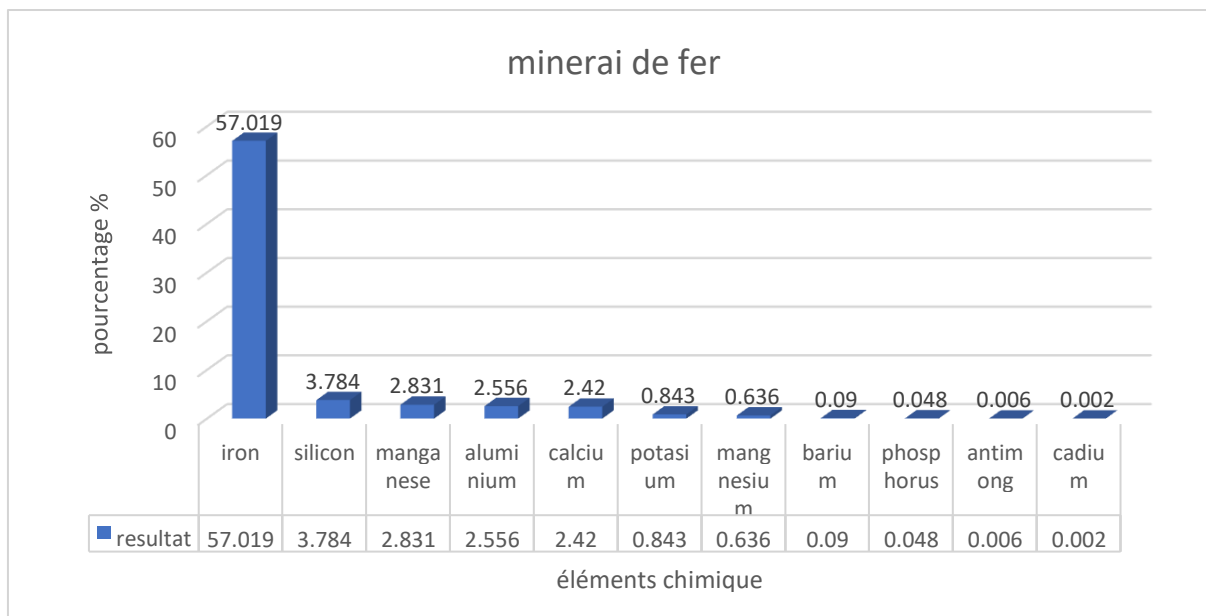


Figure IV.19 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon minéral de fer

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de fer constitué majoritairement de l'élément fer (50,019%)

Le minéral de fer de Boukhadra est riche en Silicium (3,784%), en Manganèse (2,831%) et en Aluminium (2,556%).

Stérile

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de stérile de la mine de Boukhadra, se présenter sur la figure (IV.21):

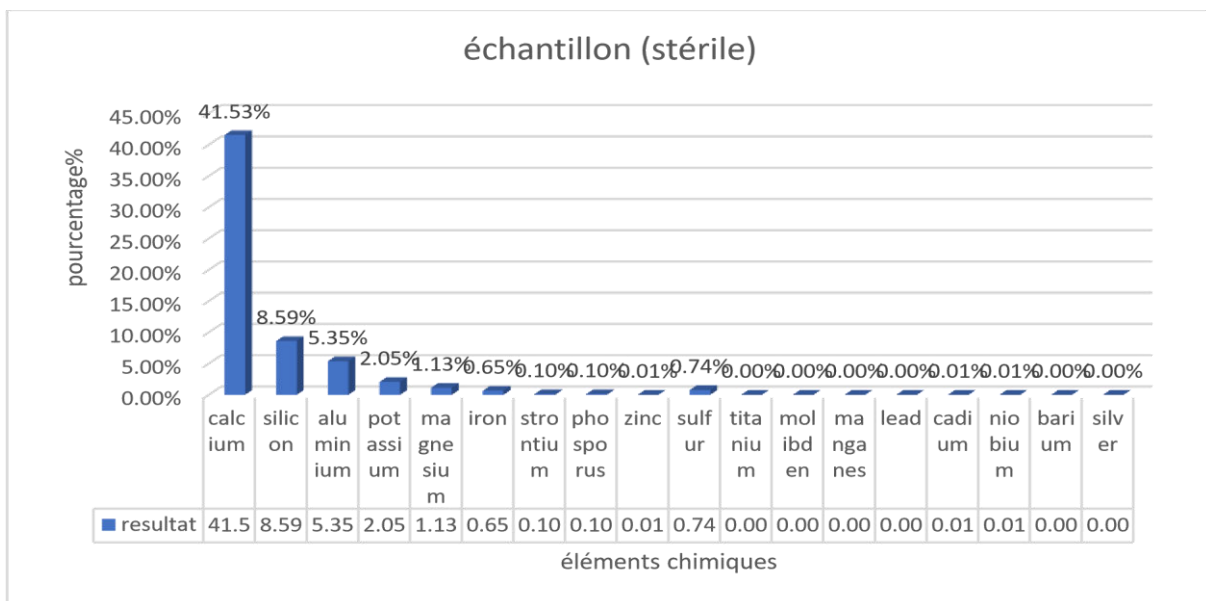


Figure IV.20 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon de stérile

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de calcium (CaCO₃) constitué majoritairement de l'élément calcium (41,53%).

Le stérile de la mine de Boukhadra est riche en Silicium (8,59%), en Aluminium (5,35%) et en potassium (2,05%).

Sol 1030

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol niveau 1030 de la mine de Boukhadra se représenter sur la figure (IV.22):

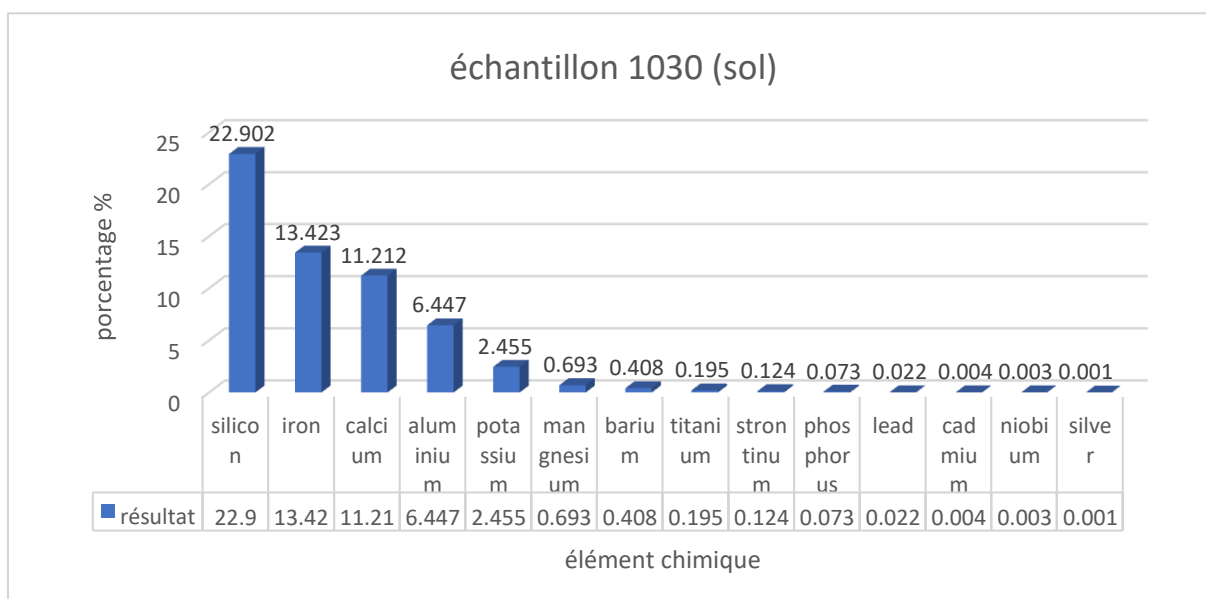


Figure IV.21: histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.1030 in

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicium constitué majoritairement de l'élément silicium (22,902%).

Le sol de la mine de Boukhadra est riche en Iron oxyde (13,423%), en calcium (11,212%) et en Aluminium (6,447%).

Sol N1 (Out-situ):

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur le figure (IV.23)

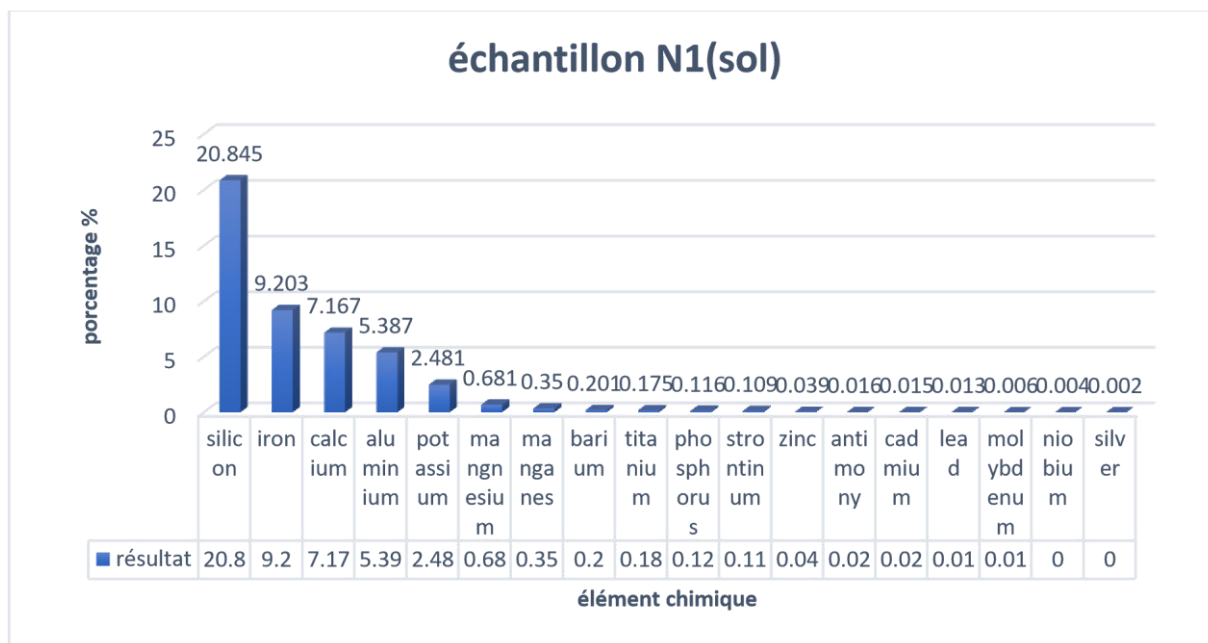


Figure IV.22 histogramme de l’analyse chimique de l’échantillon S.N1 out

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicium constitué très majoritairement de l'élément silicium (20,845%).

Le sol Nord 1 en dehors de la mine de Boukhadra est riche en Iron (9,203%), en calcium (7,167%) et en Aluminium (5,387%).

SOL E3

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol E3 en dehors de la mine de Boukhadra se présente sur la figure (IV.24) :

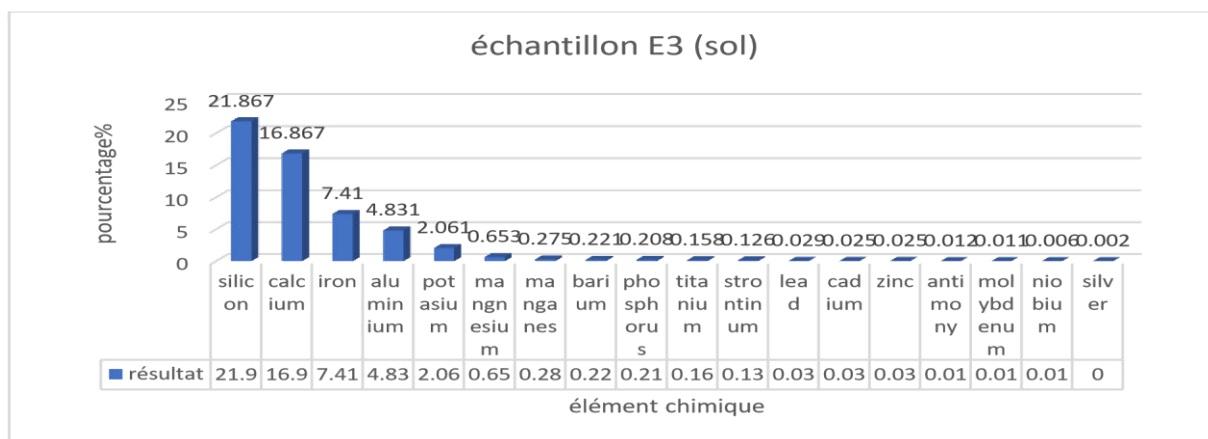


Figure IV.23 : histogramme de l’analyse chimique de l’échantillon S.E3 out

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicium (21,867%) ; le sol Est 3 est riche en calcium (16,867%), en Iron (7,41%) et en Aluminium (4,831%).

SOL O2

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol O2 en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.24):

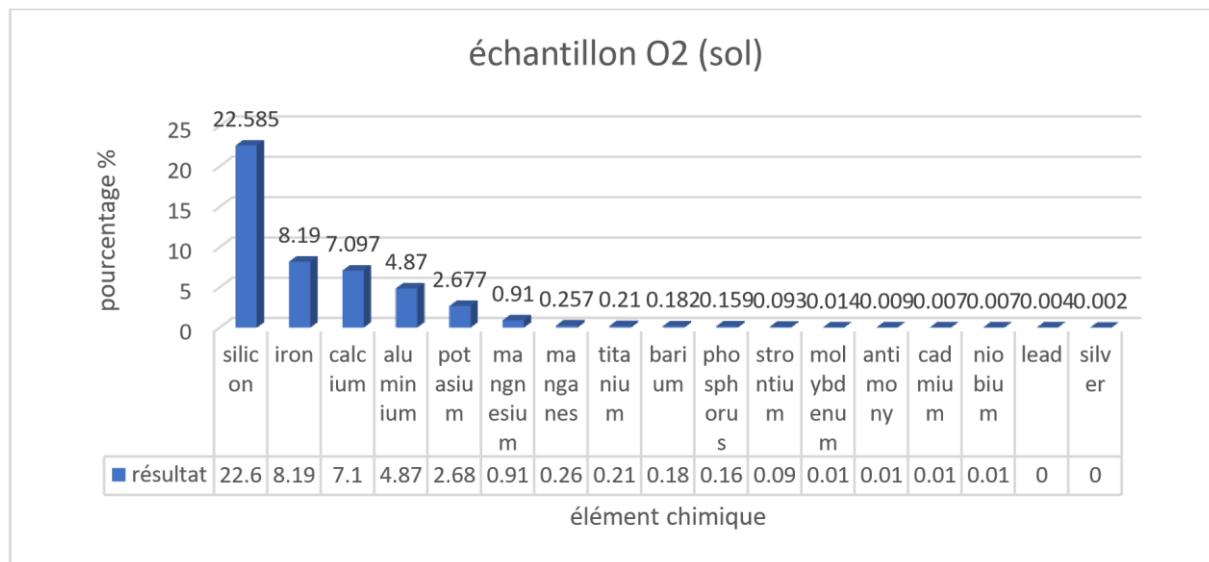


Figure IV.24 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.O2 out

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicium constitué majoritairement de l'élément silicium (22,585%).

Le sol ouest 2 est riche en Iron (8,197%), en calcium (7,097%) et en Aluminium (4,87%).

SOL O3

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol O3 en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.25):

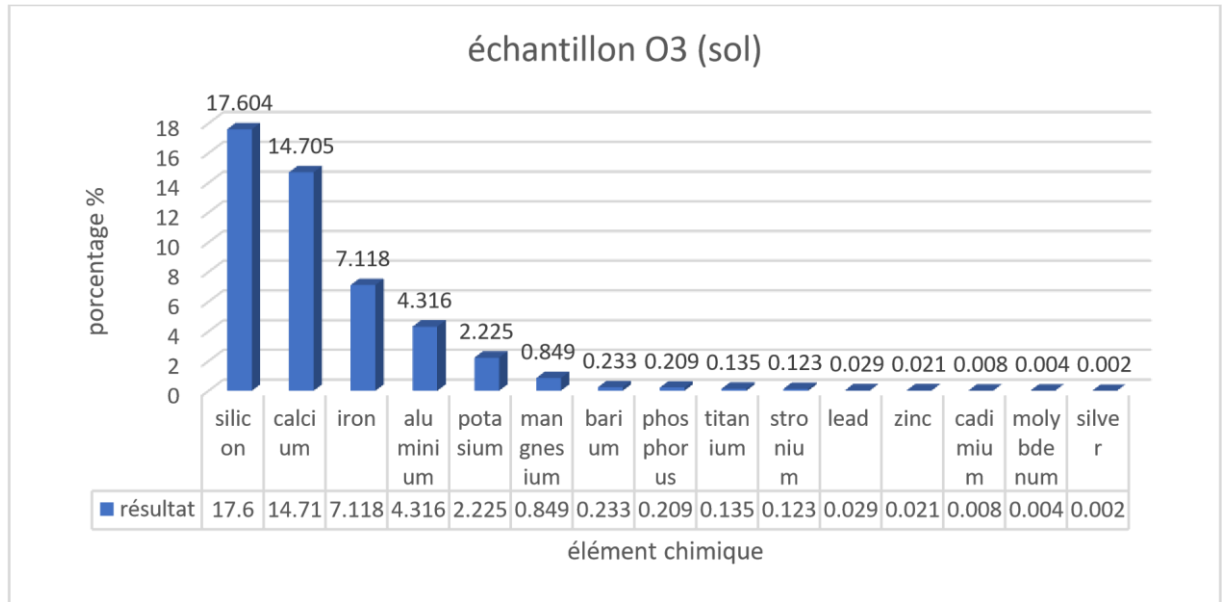


Figure IV.25 : histogramme de l’analyse chimique de l’échantillon S.O3 out

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicon constitué majoritairement de l'élément silicon (17,604%)

Le sol ouest 3 est riche en calcium (14,705%), en Iron (7,118%) et en Aluminium(4,316%)

SOL S2

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol S2 en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.26)

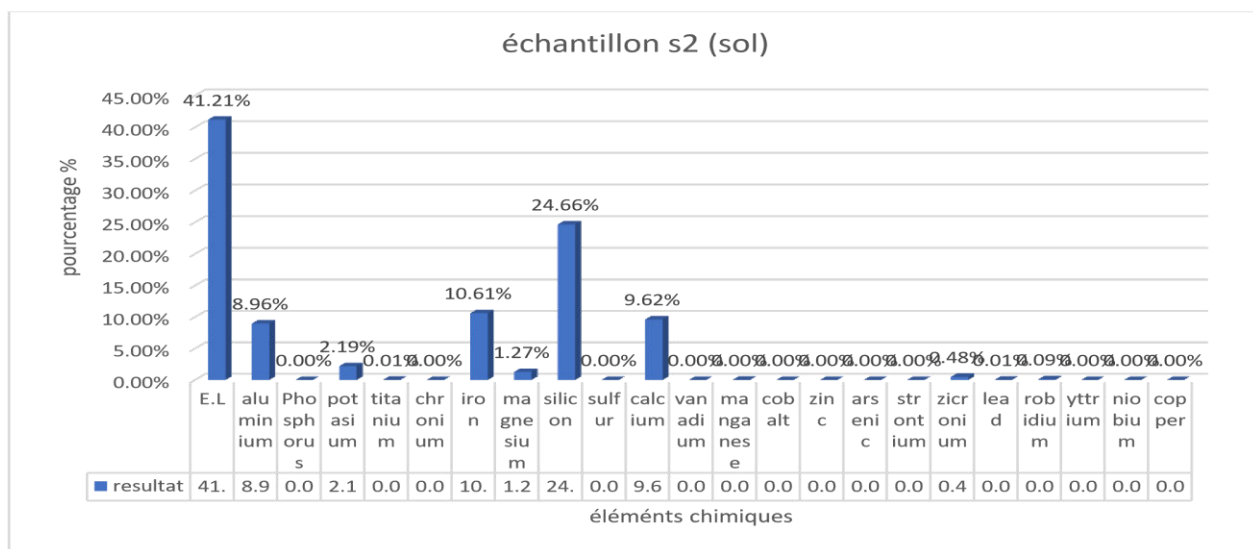


Figure IV. 26 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.S2 out

Il s'agit très préalablement d'un élément léger (41,21%).

Le sol Sud 2 est riche en silicium (24,66%), en Fer (10,61%) et en calcium (9,62%).

SOL S3

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de sol S3 en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.27):

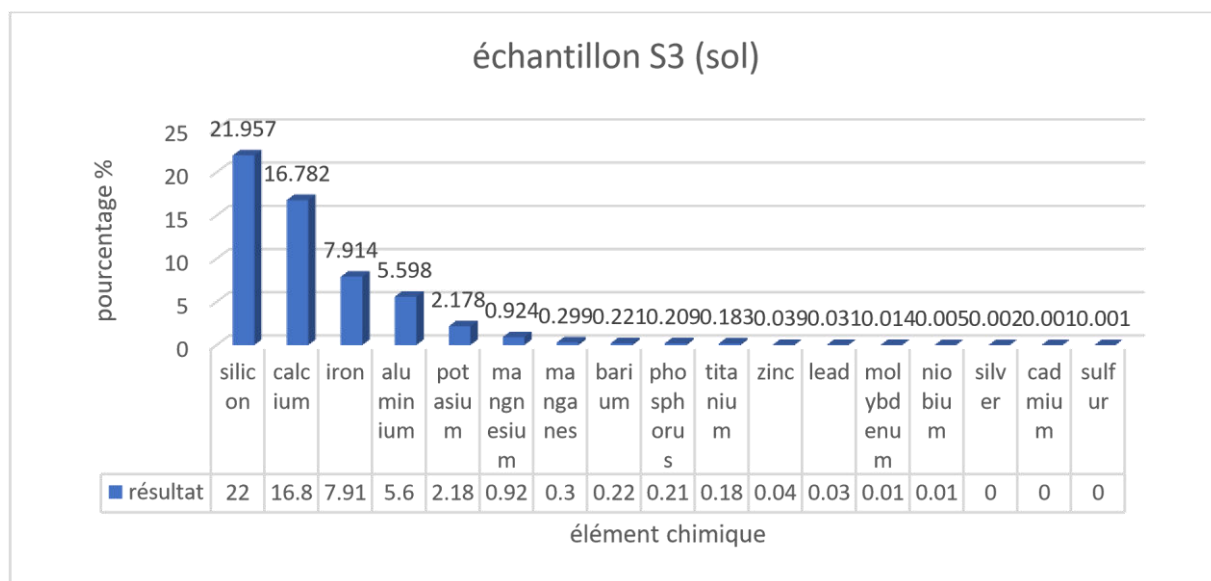


Figure IV.27 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon S.S3 out

Il s'agit très préalablement d'un oxyde de silicium constitué majoritairement de l'élément silicium (21,957%).

Le sol ouest 3 est riche en calcium (16,782%), en Iron (7,914%) et en Aluminium (5,598).

Poussière concasseur (in situ)

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de la poussière de concasseur se représente sur la figure (IV.28):

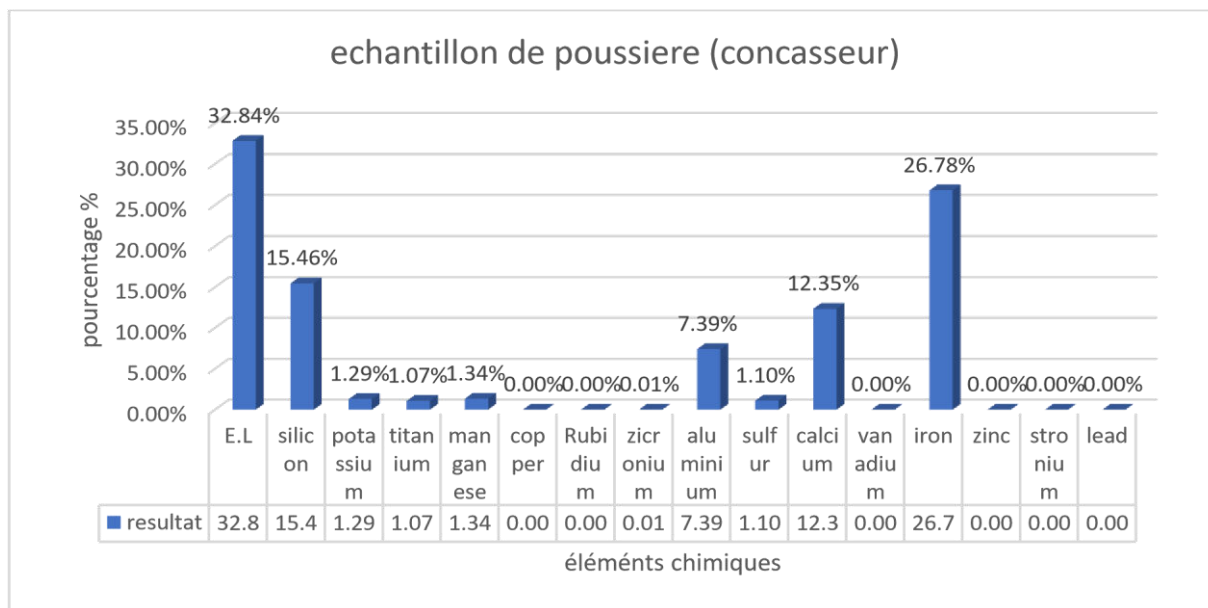


Figure IV.28 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss conc in

Il s'agit très préalablement d'un élément léger (32,84%).

La poussière de concasseur de la mine de Boukhadra est riche en Silicium (15,46%), en Iron (26,78%) et en calcium (12,35%).

Poussière 1030

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de la poussière niveau 1030de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.29):

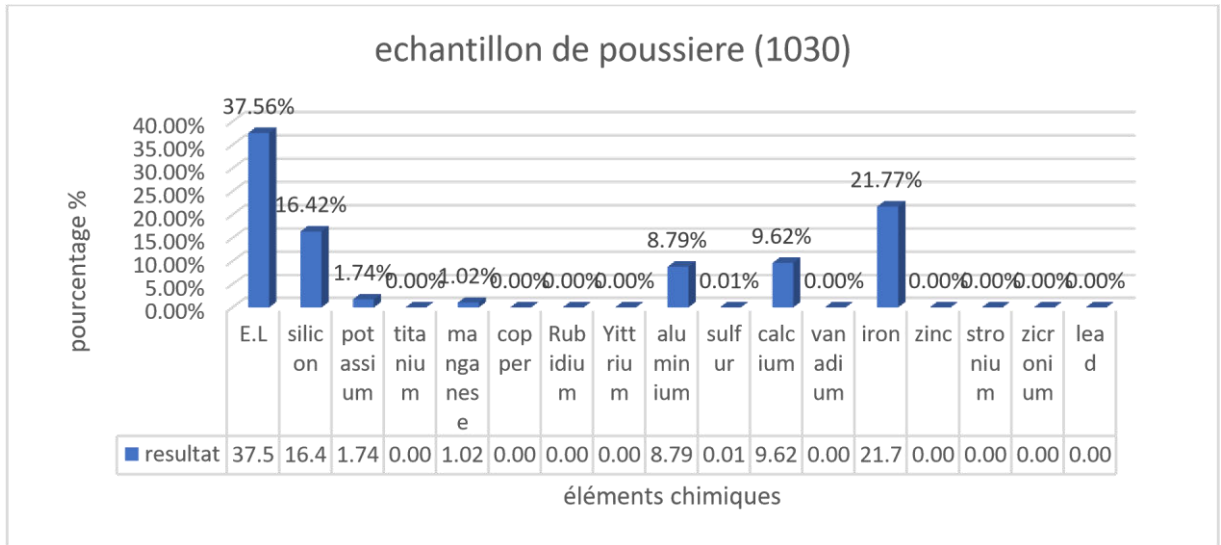


Figure IV.29 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.1030 in

Il s'agit très préalablement d'un élément léger (37,56%).

La poussière de niveau 1030 est riche en Iron (21,77%), en silicium (16,42%) et en calcium (9,62%).

Poussière 2000

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de poussière 2000m en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.30):

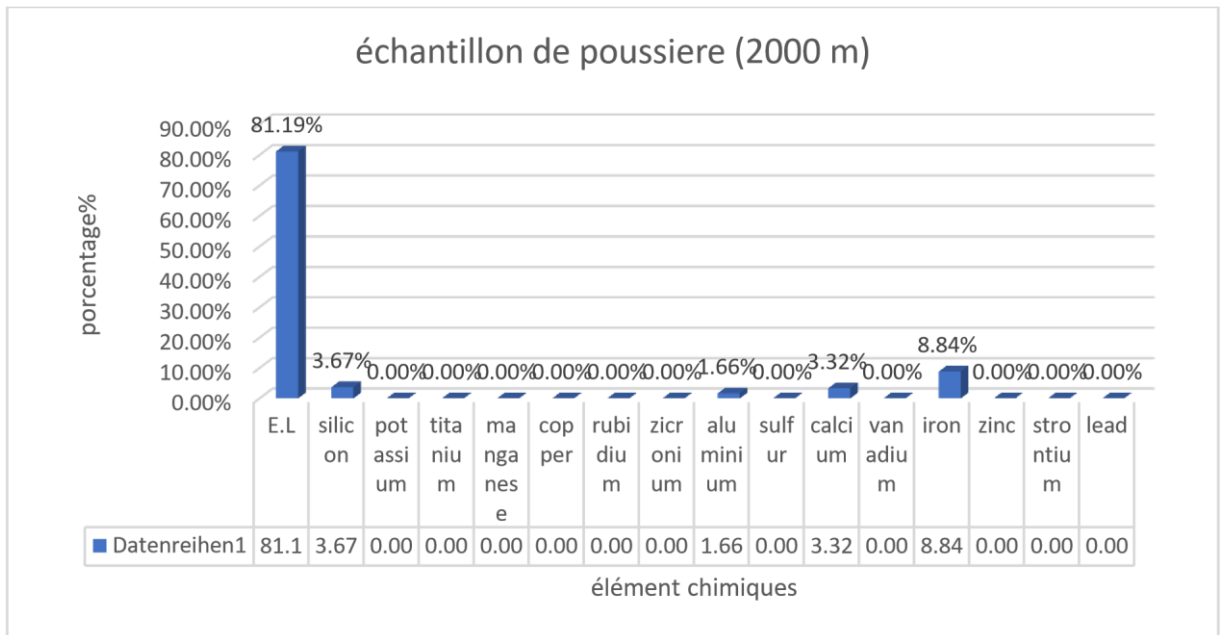


Figure IV.30 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.2000 out

Il s'agit très préalablement d'un élément léger (81,19%).

La poussière 2000 est riche en Iron (8,84%), en silicium (3,67%) et en calcium (3,32%).

Poussière 1000

L'étude obtenus par l'analyse qualitative FX de la poussière 1000m en dehors de la mine de Boukhadra se représente sur la figure (IV.31):

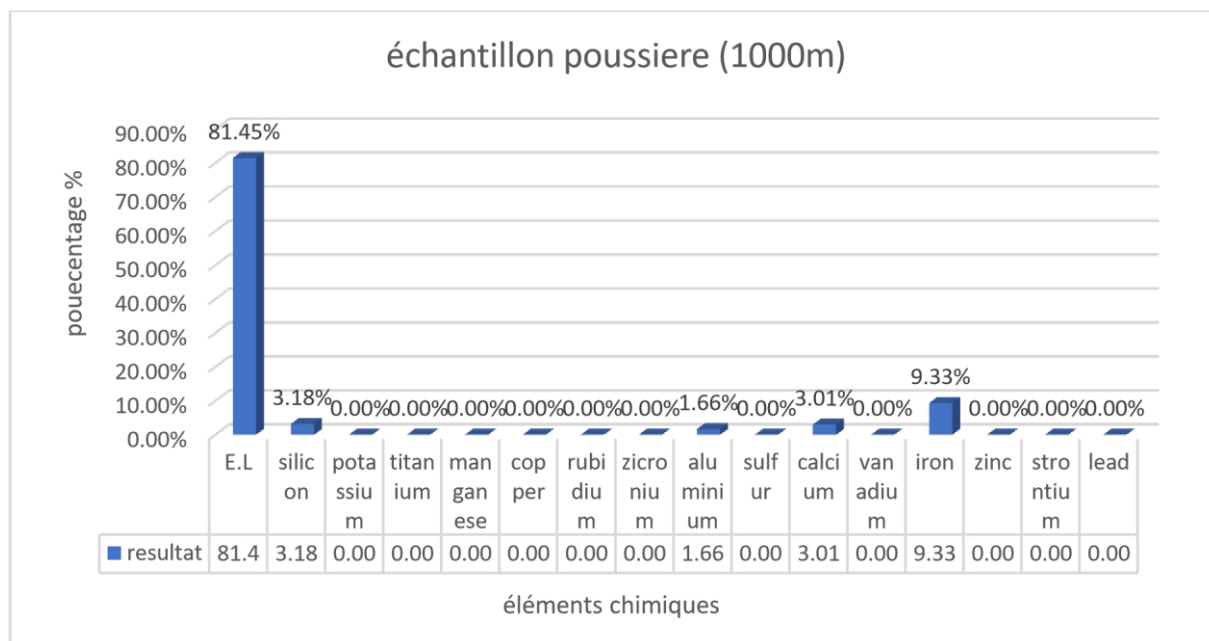


Figure IV.31 : histogramme de l'analyse chimique de l'échantillon pouss.1000 out

Il s'agit très préalablement d'un élément léger (81,45%).

La poussière 1000 est riche en Iron (9,33%), en silicium (3,18%) et en calcium (3,01%).

IV.3. Présentation des résultats d'analyse obtenus par la spectrométrie d'absorption atomique SAA

Avant d'exposer le point de vue SAA de notre minerai et de notre étude, nous devons préciser que le nombre d'échantillons ayant été dirigés vers L'ORGM - Boumerdes pour caractérisation SAA est 08 échantillons dont : - 03 échantillons d'eaux (un prélevé de la source Ain Zazia à l'intérieur de la mine, l'autre prélevé d'une flac d'eau situé entre 500m et 1000m sur le périmètre d'étude en dehors du contour final de la carrière, tandis que le dernier

est l'issu de rinçage de feuilles de plantes locales dites Pin- d'Alep prélevées en dehors de la mine) ; - 02 échantillons de poussières (un collecté de l'intérieur de la mine de Boukhadra identifié au courant de ce chapitre par Pouss.conc-in, le second identifié par Pouss.1000-out) ; - 02 échantillons de végétation identifiés respectivement par : P.S2-out et p.O3-out ; finalement un échantillon de sol s.S3-out. pour notre grande peine, le seule échantillon retenu pour l'analyse fut celui de sol, car les quantités de poussières n'étaient pas suffisantes (15g et 07g sur 20g exigée par l'analyse), les échantillons de végétations n'étaient plus valides quant à l'eaux la cause est un problème technique survenu.

Bref, les résultats de l'analyse SAA effectué à l'ORGM - Boumerdès de l'échantillon S.S3-out retenu sont montrés sur le tableau 19

Tableau IV.19 : résultat d'analyse de la SAA.

N° D'ordre	N° D'échantillon	Analyse par spectromètre de masse couplé à plasma inductif		
		Teneurs en %		
		Fe	Al	Ti
03	S3(sol-1500m)	7.30	2.18	0.14

les résultats de la caractérisation par SAA figurant sur le tableau ci-dessus montrent que le sol environnant la mine de Boukhadra présenté par l'échantillon prélevé à 1.5km en dehors de la mine sur un périmètre délimiter de notre part en vue d'étude d'étendu d'impacts de la contamination par métaux lourds issue des activités et des procédés technologique de l'exploitation du minerai de fer de Boukhadra :

- 1. Renferme sans l'ombre d'un doute des métaux lourds dont le minéral d'intérêt Fe, Al, Ti ainsi que tous les autres ETM configurés par analyses DRX-FX ;
- 2. Leurs taux de présence s'avèrent dans les normes délimitées par les règlementations en vigueur et ce à l'état actuel ;

Avant de soulever le point 3, un bref rappel de ce qu'est un pH (potentiel hydrogène) : ce nombre compris entre 0 et 14 permet l'évaluation de l'acidité-basicité d'un milieu grâce au papier pH de sorte que si la valeur du pH est supérieure à 7 (7.2 à 7.4 tolérable selon les normes) alors le milieu est dit basique. Revenant à présent au troisième point de notre lecture :

3- sachant que le pH in-situ de Boukhadra est instable en fonction du temps ce qui est normale vu les activités d'exploitation, ce dernier était évalué à 6.9 en 2016 ensuite à pris la valeur de 7.93 en 2019 et finalement 8.30 en 2022 (ressource. Fiche technique décrivant les propriétés physico-chimiques du minerai de Boukhadra- document fourni par l'entreprise présenté en Annex) cette valeur dépassant la limite référentielle pour un milieu alcalin vers un milieu fortement basique dont les effets sur le milieu en question sont similis à ceux de détergent hautement toxique.

Partant du principe que la stabilité écologique vis à vis des métaux lourds d'un site minier est évaluer à long terme, car la pollution en présence des agents moteurs se condense avec le temps. Pour notre cas le premier agent moteur est les métaux lourds lourdement présent sur le site, quant au second agent c'est l'instabilité évolutive du pH résiduel du site.

- 4. Nous concluons donc que le site est potentiellement instable et ce en ce qui concerne l'impact des métaux lourds et leurs étendu à long terme sur le site de Boukhadra. Ceci exige donc une étude à part et entre temps un contrôle et suivit permanent.

Conclusion

Le présent chapitre décrit les différentes méthodes qui ont été utilisée pour la caractérisation physicochimique du minerai de fer et de stérile de Boukhadra ainsi que les échantillons de poussière, plante et sol.

Cette caractérisation nous a permet de déterminer la composition minéralogique du minerai, stérile, sol et plante dans la mine et en d'hors des carreaux de la mine

Conclusion générale

Conclusion générale

Les activités minières sont émettrices de poussières généralement riches en éléments métalliques. Ces éléments métalliques sont connus pour leurs effets néfastes sur l'Homme et l'Environnement.

L'évaluation de l'effet de l'extraction du minerai de fer sur l'environnement a été abordé par la caractérisation physique de cet environnement, et dans un souci de cerner cet effet nous avons retenus deux stations représentées selon axe défini par la direction des vents dominants dans cette région.

Les deux stations retenues se répartissent comme suit ; la station 1 à l'intérieur de la mine, la deuxième station située à l'en dehors de la mine.

Les prélèvements ont porté sur le sol, la végétation sur place et les eaux de surface, la station 2 ne contient pas une source d'eau permanente.

La caractérisation du sol a porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques d'une part et sur la possibilité de contenir des éléments toxiques (Métaux lourds).

Une analyse quantitative et qualitative a été pratiquée sur les échantillons de référence (minerais et stérile) et sur les composantes de la mine de Boukhadra (sol, poussière, plante et eaux).

L'étude, des caractéristiques physico chimiques des poussières, de susceptible d'être mobilisé au cours de l'exploitation et du traitement du minerai de fer, a permis d'adopter des éléments de réponse. Les poussières montrent les concentrations en hématite, quartz, dolomite, oxyde de titane et oxyde de magnésium.

L'absence d'un couvert végétal dense et homogène nous a contraints de prélever les espèces présentes malgré leurs différences et leurs aptitudes.

Les poussières les plus fines sont transportées plus loin et ont une action plus forte que les grosses particules déposées sur la surface foliaire de la deuxième station.

Ce travail, vise d'une part à caractériser physiquement et chimiquement les composants environnementaux du périmètre étudié sur le terrain de BK et l'étendue atmosphérique induit par l'activité minière.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] : **Environmental Law Alliance Worldwide (2010)**. Guide pour l'évaluation des EIE de projets miniers. Environmental Law Alliance Worldwide édition, Eugene (États-Unis D'Amérique), 130 p.
- [2] : **Mme Taleb Narsis Souad, 2012** : « contribution à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement de l'Ouenza sur l'environnement, thèse magistère » université de Badji Mokhtar ANNABA.
- [3] : **Audit environnemental (2023)**
- [4] : **Camille PASQUET, 13 décembre 2016** : « Evaluation de la biodisponibilité du nickel, cobalt et Manganés dans les poussières de sol ultramafiques et développement d'un outil de bioindication lichénique des poussières émises par les activités minières en Nouvelle-Calédonie, thèse doctorat » université de la nouvelle Calédonie
- [5] : **Antoine coquard, 15 octobre 2012** : « exposition aux poussières provenant d'une mine à ciel ouvert évaluation des risques biodisponibilité des métaux, maître en environnement » centre universitaire de formation en environnement, université de SHERBROOK, Montréal, Québec, Canada.
- [6] : **Commission européenne (2009)**. Gestion des résidus et stériles des activités minières. Bruxelles, Commission européenne, 632 p.
- [7] : **Sené, M., Barbey, P., Gay, D. et al. (2004)**. Rapport du groupe de travail "SITES MINIERS D'URANIUM". 33 p.
- [8] : **Fontaine, H. (2011)**. L'or franchit les 1600\$ US. La Presse, 19 Juillet,
- [9] : **Rouaiguia Issam, 2018**. « Contribution à l'étude d'une valorisation des déchets miniers, cas des stériles francs de la mine de Boukhadra, thèse doctorat ». Université Badji Mokhtar Annaba.
- [10] : **Matias Miguel Salvarredy Aranguren, Avril 2008** : « Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par

des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique, thèse doctorat » Université de Toulouse III - Paul Sabatier.

[11] : **Mme AMIROUCHE.L, 2011** « Etude du pouvoir de sorption du cuivre (II), du zinc (II) et des polyphénols par les bentonites sous l'effet des irradiations micro-ondes, thèse magister » Université de Tizi-Ouzou.

[12] : **Melle TIZAOUI.k, Octobre 2013** : « élimination des métaux lourds en solution aqueuse par des argiles algériennes, thèse magister » Université de Tlemcen,

[13] : **Melle GHALLIS, 2008** : « étude de la carbonisation d'un précurseur végétal, les noyaux D'olives. Utilisation dans le traitement des eaux, thèse magister » Université de Skikda.

[14] : **Matias Miguel and, Salvarredy Aranguren., 2008.** « Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers : approches géochimique, minéralogique et hydro chimiques. Toulouse université de France.

[15] : www.thepressfree.com

.

[16] : **Bureau européen pour la PRIP., 2004.**

[17] : **Serge Bouchard, 1946,** « traitement du minerais », les éditions le griffon d'argile ».

[18] : **Yassine Taha. (janvier 2017),** Valorisation des rejets miniers dans la fabrication de briques cuites: évaluations technique et environnementale thèse du doctorat. Université Cadi Ayyad, Maroc.

[19] : **Dworzanowski, M. (2010).** Optimizing the performance of wet drum magnetic separators. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 110(11)

[20] : **BRGM. (1997).** Les résidus miniers français : typologies et principaux

Impacts environnementaux potentiels. Rap. R39503

Annexe

Echantillonnage à l'intérieur de la mine :

Le sol :

N° d'échantillon	Niveau	Poids avant le broyage (g)	Poids après le Tamisage (g)	Poids après le séchage (g)
01	1135	1382	450.69	439.07
01	1120	1193	431.71	425.24
01	1030	2595	450.11	431.23
03	1135	1752	450.41	430.42
03	1060	1458	450.51	417.47
04	1105	1540	416.18	406.41
05	1120	1415	418.46	406.08
06	1120	1438	450.14	439.42

La végétation :

N° d'échantillon	Niveau	Type de Plante	Poids avant rinçage (g)	Poids après broyage (g)
01	1030	Pin d'Alep	212	101.32
01	1030	Romarin	95	45.01
01	1120	Pin d'Alep	138	70.41
02	1030	Romarin	215	31.76
02	1135	Pin d'Alep	75	32.90
02	1135	Romarin	53	19.14
03	1060	Pin d'Alep	268	105.17
03	1135		71	23.36
03	1135	Diverra	95	50.50
03	1060	Romarin	48	17
04	1105	Romarin	133	46.44
04	1105	Pin d'Alep	130	42.75
05	1120	Romarin	109	38.23
05	1120		81	34.10
06	1120	Romarin	97	29.53
06	1120	Diverra	84	37.74
01	1120	Pin d'Alep	77	21.51

Echantillonnage a l'extérieur de la mine :

Le sol :

N° d'échantillon	Distance (m)	Poids initial (g)	Poids après broyage (g)	Poids après séchage (g)
N1	500	961.66	460.2	431.80
E1	500	959.78	441.83	423.21
E2	1000	1020.3	450	433.97
E3	1500	802.14	441.93	405.78
O1	500	909.1	451.9	432.29
O2	1000	906.76	450.48	433.13
O3	1500	914.92	427.8	392.84
S1	500	850.14	444.74	420.04
S2	1000	1042.79	450	418.84
S3	1500	781	423.52	392.18

La végétation :

N° d'échantillon	Distance (m)	Type de Plante	Poids initial (g)	Poids après broyage (g)
O1	500	Pin d'Alep	127	61.14
O2	1000	Cyprès	147	87.5
O3	1500	Pin d'Alep	89	38.44
E1	500	Schinus	69	22.09
E2	1000	Cyprès	100	57.72
E3	1500	Schinus	121	29.27
S1	500	Schinus	104	29.24
S2	1000	Schinus	48	18.94
S3	1500	Cyprès	122	63.12

Name and formula

Reference code: 01-079-1906

Mineral name: Quartz
Compound name: Silicon Oxide
ICSD name: Silicon Oxide

Empirical formula: O₂Si
Chemical formula: SiO₂

Crystallographic parameters

Crystal system: Hexagonal
Space group: P3121
Space group number: 152

a (Å): 4,9134
b (Å): 4,9134
c (Å): 5,4052
Alpha (°): 90,0000
Beta (°): 90,0000
Gamma (°): 120,0000

Calculated density (g/cm³): 2,65
Volume of cell (10⁶ pm³): 113,01
Z: 3,00

RIR: 4,75

Subfiles and quality

Subfiles: Alloy, metal or intermetallic
Inorganic
Mineral
Modelled additional pattern

Quality: Calculated (C)

Comments

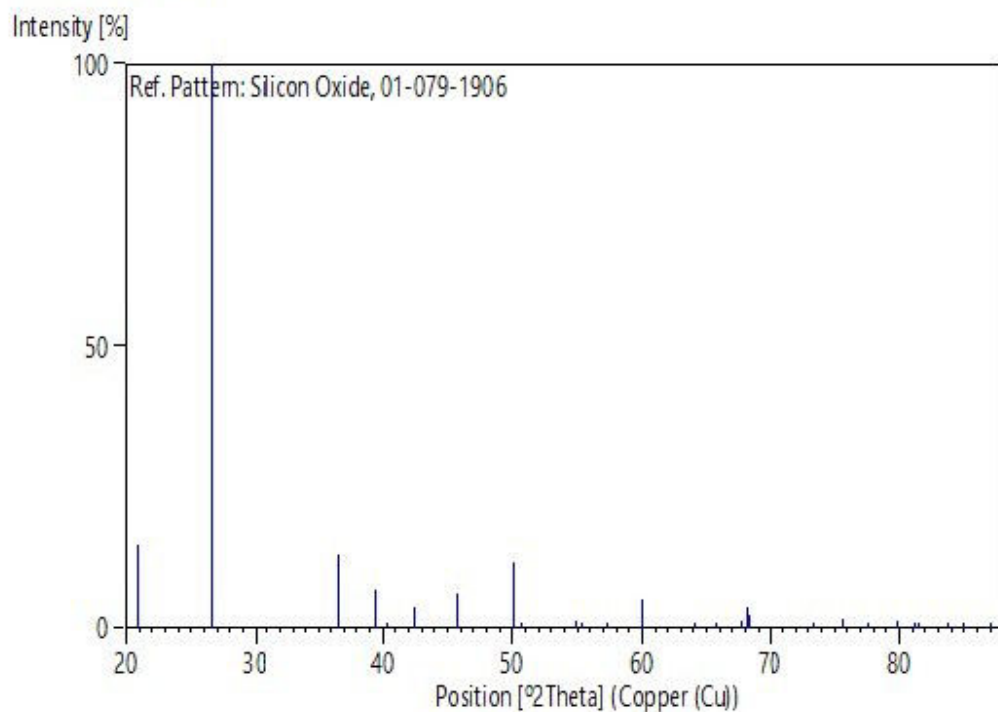
ICSD collection code: 067117
Creation Date: 01/01/1970
Modification Date: 01/01/1970
ICSD Collection Code: 067117
Temperature Factor: ATF
Calculated Pattern Original Remarks: REM THE
Test from ICSD: No R value given.

References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Dubrovinskii, L.S., Nozik, Y.Z, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **306**, 1384, (1989)

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta [deg]	I [%]
1	1	0	0	4,25513	20,859	14,8
2	0	1	1	3,34342	26,640	100,0
3	1	1	0	2,45670	36,547	12,9
4	1	0	2	2,28134	39,468	6,7
5	1	1	1	2,23653	40,292	0,9
6	2	0	0	2,12756	42,453	3,7
7	0	2	1	1,97972	45,796	6,2
8	1	1	2	1,81788	50,141	11,8
9	0	0	3	1,80173	50,622	0,3
10	0	2	2	1,67171	54,876	1,2
11	0	1	3	1,65913	55,327	0,9
12	2	1	0	1,60829	57,234	1,1
13	2	1	1	1,54150	59,961	5,2
14	1	1	3	1,45288	64,036	0,2
15	3	0	0	1,41838	65,788	0,1
16	1	2	2	1,38208	67,745	1,3
17	2	0	3	1,37494	68,145	3,7
18	0	3	1	1,37193	68,315	2,4
19	1	0	4	1,28792	73,467	0,4
20	3	0	2	1,25592	75,662	1,7
21	2	2	0	1,22835	77,673	0,6
22	1	2	3	1,19982	79,884	1,4
23	1	1	4	1,18401	81,172	0,8
24	3	1	0	1,18016	81,492	0,6
25	3	1	1	1,15300	83,839	1,1
26	0	2	4	1,14067	84,956	0,1
27	2	2	2	1,11826	87,076	0,4

Stick Pattern

Name and formula

Reference code:	01-079-0668
Mineral name:	Qitianlingite
Compound name:	Iron Manganese Tin Niobium Tungsten Tantalum Titanium Oxide
ICSD name:	Iron Manganese Tin Niobium Tungsten Tantalum Titanium Oxide
Empirical formula:	$\text{Fe}_{1.3446}\text{Mn}_{0.5588}\text{Nb}_{1.6908}\text{O}_{10}\text{Sn}_{0.0159}\text{Ta}_{0.3509}\text{Ti}_{0.102}\text{W}_{0.9189}$
Chemical formula:	$(\text{Fe}_{1.3446}\text{Mn}_{0.5588}\text{Sn}_{0.0159}\text{Nb}_{0.0807})(\text{W}_{0.9189}\text{Nb}_{0.063})(\text{Nb}_{1.5471}\text{Ta}_{0.3509}\text{Ti}_{0.1020})\text{O}_{10}$

Crystallographic parameters

Crystal system:	Orthorhombic
Space group:	Pbcn
Space group number:	60
a (Å):	23,7060
b (Å):	5,7230
c (Å):	5,0450
Alpha (°):	90,0000
Beta (°):	90,0000
Gamma (°):	90,0000
Calculated density (g/cm ³):	6,42
Measured density (g/cm ³):	6,30
Volume of cell (10 ⁶ pm ³):	684,45
Z:	4,00
RIR:	7,75

Subfiles and quality

Subfiles:	Corrosion Inorganic Mineral Modelled additional pattern
Quality:	Calculated (C)

Comments

ICSD collection code:	065617
Creation Date:	01/01/1970
Modification Date:	01/01/1970
ICSD Collection Code:	065617
Test from ICSD:	Calc. density unusual but tolerable
Test from ICSD:	At least one TF implausible
Temperature Factor:	ITF
Sample Source or Locality:	Specimen from Qitianling, Hunan Province, China.

References

Primary reference:	<i>Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)</i>
Structure:	Peng, Z., Wang, S., Ma, Z., Yang, G., <i>Kexue Tongbao</i> , 33 , 856, (1988)

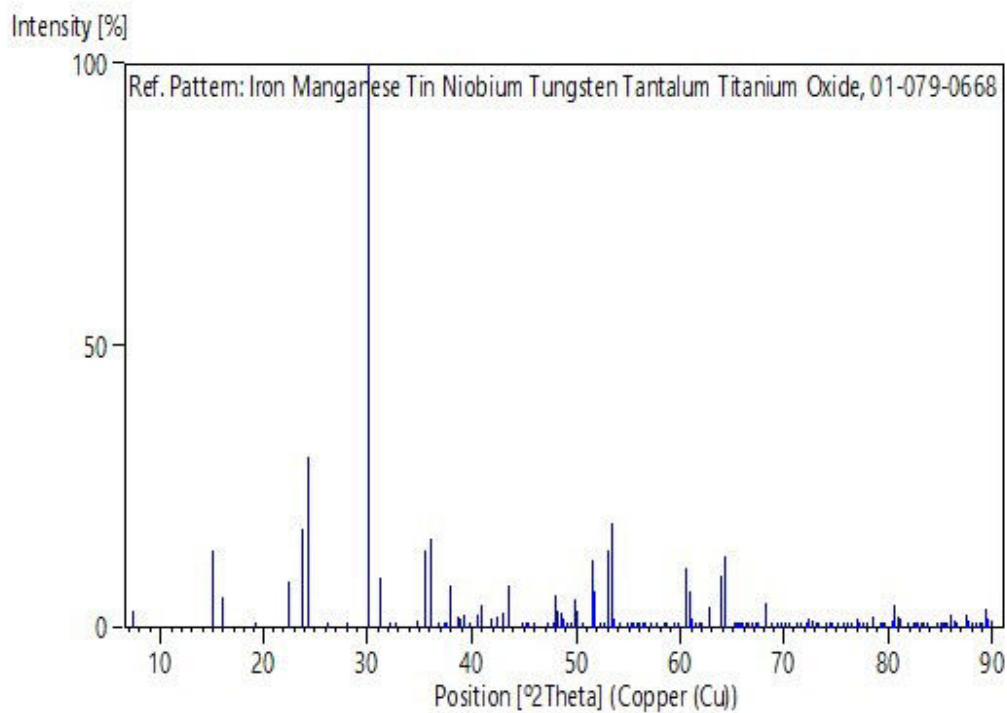
Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	2	0	0	11,85300	7,452	3,0
2	4	0	0	5,92650	14,936	13,8
3	1	1	0	5,56318	15,918	5,6
4	3	1	0	4,63506	19,133	0,2
5	6	0	0	3,95100	22,485	8,1
6	1	1	1	3,73715	23,790	17,5
7	5	1	0	3,65105	24,360	30,4
8	3	1	1	3,41322	26,086	0,3
9	4	1	1	3,18963	27,950	0,2
10	8	0	0	2,95776	30,192	100,0
11	0	2	0	2,86150	31,233	8,8
12	2	2	0	2,78159	32,154	0,1
13	6	1	1	2,73300	32,741	0,1
14	4	2	0	2,57686	34,787	1,3
15	7	1	1	2,52250	35,561	13,7
16	0	2	1	2,48900	36,056	15,9
17	2	2	1	2,43588	36,870	0,3
18	3	0	2	2,40303	37,393	0,2
19	9	1	0	2,39274	37,560	0,4
20	3	2	1	2,37060	37,924	7,5
21	4	0	2	2,32101	38,766	2,1
22	6	2	0	2,31753	38,827	1,8
23	1	1	2	2,29483	39,226	2,3
24	2	1	2	2,26567	39,752	0,1
25	5	0	2	2,22693	40,474	2,2
26	5	2	1	2,20378	40,918	4,1
27	9	1	1	2,16191	41,747	1,5
28	6	0	2	2,12613	42,483	1,9
29	6	2	1	2,10596	42,910	2,6
30	5	1	2	2,07535	43,575	7,5
31	7	0	2	2,02299	44,763	0,2
32	11	1	0	2,01683	44,907	0,5
33	10	1	1	2,00900	45,092	0,3
34	7	2	1	2,00559	45,173	0,1
35	6	1	2	1,99304	45,473	0,1
36	12	0	0	1,97550	45,900	0,1
37	8	0	2	1,92080	47,285	0,1
38	1	3	0	1,90152	47,794	1,1
39	0	2	2	1,89224	48,044	5,7
40	1	2	2	1,88624	48,206	3,2
41	11	1	1	1,87273	48,576	2,6
42	2	2	2	1,86858	48,691	1,5
43	3	3	0	1,85439	49,088	0,1
44	3	2	2	1,84021	49,492	0,1
45	10	2	0	1,82553	49,917	5,2
46	9	0	2	1,82182	50,025	3,0
47	4	2	2	1,80259	50,596	0,7
48	5	3	0	1,76978	51,603	11,9
49	2	3	1	1,76448	51,769	6,5
50	12	1	1	1,75126	52,189	0,2
51	13	1	0	1,73598	52,684	0,7
52	10	0	2	1,72747	52,963	13,9
53	10	2	1	1,71660	53,325	18,5
54	6	2	2	1,70661	53,662	1,5
55	14	0	0	1,69329	54,119	0,2

56	5	3	1	1,67001	54,936	0,6
57	7	3	0	1,66210	55,220	0,1
58	10	1	2	1,65378	55,522	0,1
59	13	1	1	1,64278	55,926	0,1
60	11	0	2	1,63853	56,084	0,1
61	11	2	1	1,62924	56,432	0,1
62	6	3	1	1,62571	56,566	0,1
63	1	1	3	1,60973	57,179	1,0
64	2	1	3	1,59871	57,609	0,2
65	8	2	2	1,59481	57,764	0,1
66	3	1	3	1,58084	58,323	0,1
67	11	1	2	1,57524	58,550	0,4
68	4	1	3	1,55679	59,313	0,2
69	14	1	1	1,54502	59,811	0,5
70	8	3	1	1,52743	60,571	10,7
71	15	1	0	1,52338	60,749	6,4
72	1	3	2	1,51842	60,969	1,5
73	2	3	2	1,50917	61,383	0,1
74	12	1	2	1,50087	61,759	0,1
75	3	3	2	1,49410	62,070	0,1
76	10	2	2	1,47888	62,781	3,7
77	15	1	1	1,45835	63,768	9,3
78	0	2	3	1,44877	64,240	12,6
79	13	1	2	1,43075	65,148	0,9
80	11	3	0	1,42843	65,267	0,9
81	10	3	1	1,42564	65,411	0,5
82	11	2	2	1,42192	65,603	0,2
83	2	4	0	1,41990	65,708	0,1
84	8	1	3	1,41702	65,859	0,1
85	4	2	3	1,40830	66,319	0,5
86	14	0	2	1,40590	66,447	0,4
87	14	2	1	1,40002	66,762	0,3
88	4	4	0	1,39080	67,264	0,1
89	7	3	2	1,38790	67,423	0,1
90	0	4	1	1,37647	68,059	4,4
91	1	4	1	1,37415	68,190	2,3
92	2	4	1	1,36650	68,625	0,1
93	6	2	3	1,36109	68,936	0,6
94	8	3	2	1,35354	69,375	0,1
95	6	4	0	1,34526	69,864	0,1
96	4	4	1	1,34078	70,132	0,5
97	15	2	1	1,33417	70,531	0,4
98	5	4	1	1,32189	71,285	0,1
99	9	3	2	1,31753	71,557	0,4
100	16	2	0	1,31572	71,671	0,3
101	17	1	1	1,30847	72,130	0,1
102	15	1	2	1,30403	72,414	1,7
103	6	4	1	1,29984	72,685	1,2
104	11	1	3	1,29159	73,225	0,7
105	8	4	0	1,28843	73,433	0,4
106	16	0	2	1,27755	74,163	0,6
107	16	2	1	1,27313	74,464	0,7
108	9	2	3	1,27014	74,669	0,4
109	14	2	2	1,26125	75,287	1,1
110	2	3	3	1,25417	75,786	0,1
111	12	1	3	1,24963	76,111	0,1
112	11	3	2	1,24297	76,592	0,8
113	2	4	2	1,23685	77,041	1,7
114	4	3	3	1,23362	77,280	1,0
115	1	1	4	1,23003	77,547	0,3

116	2	1	4	1,22510	77,918	0,1
117	15	3	0	1,21702	78,535	2,1
118	13	1	3	1,20836	79,208	0,1
119	4	1	4	1,20545	79,437	0,1
120	5	4	2	1,20372	79,574	0,2
121	6	3	3	1,20152	79,748	0,4
122	5	1	4	1,19212	80,505	1,2
123	10	4	1	1,19036	80,649	4,0
124	6	4	2	1,18701	80,924	2,1
125	20	0	0	1,18530	81,065	1,8
126	15	3	1	1,18308	81,249	1,0
127	6	1	4	1,17588	81,852	0,1
128	12	2	3	1,16883	82,453	0,1
129	16	2	2	1,16656	82,648	0,2
130	18	2	1	1,16409	82,862	0,1
131	8	0	4	1,16050	83,175	0,1
132	7	1	4	1,15751	83,438	0,1
133	0	2	4	1,15412	83,739	0,7
134	18	1	2	1,14327	84,717	0,1
135	16	3	1	1,13989	85,027	0,1
136	9	0	4	1,13756	85,243	0,1
137	13	2	3	1,13486	85,494	0,1
138	4	2	4	1,13283	85,684	0,2
139	12	4	1	1,12902	86,043	2,3
140	17	3	0	1,12577	86,352	1,2
141	17	2	2	1,12257	86,659	0,1
142	10	3	3	1,11347	87,546	2,2
143	2	5	1	1,11132	87,758	1,2
144	6	2	4	1,10782	88,107	0,3
145	3	5	1	1,10526	88,364	0,1
146	10	4	2	1,10189	88,705	0,6
147	17	3	1	1,09862	89,039	0,4
148	15	3	2	1,09611	89,297	3,3
149	10	1	4	1,09297	89,623	1,7
150	0	4	3	1,08972	89,963	1,2

Stick Pattem



Name and formula

Reference code: 01-077-1872
Compound name: Potassium Sulfate
ICSD name: Potassium Sulfate
Empirical formula: $K_2O_5S_2$
Chemical formula: $K_2S_2O_5$

Crystallographic parameters

Crystal system: Monoclinic
Space group: P21/m
Space group number: 11

a (Å): 6,9210
b (Å): 6,1600
c (Å): 7,5370
Alpha (°): 90,0000
Beta (°): 102,7900
Gamma (°): 90,0000

Calculated density (g/cm³): 2,36
Measured density (g/cm³): 2,36
Volume of cell (10⁶ pm³): 313,35
Z: 2,00

RIR: 1,85

Subfiles and quality

Subfiles: Inorganic
Modelled additional pattern
Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 060025
Creation Date: 01/01/1970
Modification Date: 01/01/1970
ICSD Collection Code: 060025
Temperature Factor: ATF
Calculated Pattern Original Remarks: REM TEM 295.

References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Chen, I.-C., Wang, Yu., *Acta Crystallogr., Sec. C*, **40**, 1780, (1984)

Peak list

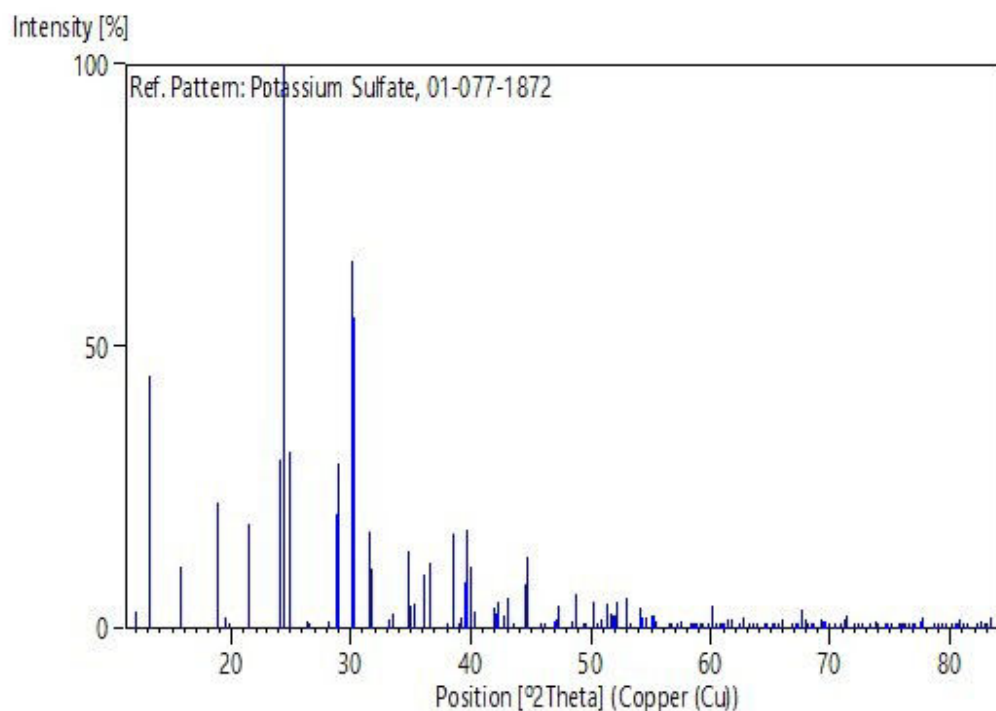
No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
-----	---	---	---	-------	-------------	-------

1	0	0	1	7,34999	12,032	2,9
2	1	0	0	6,74928	13,107	44,9
3	-1	0	1	5,63095	15,725	10,9
4	0	1	1	4,72117	18,781	22,3
5	1	1	0	4,54987	19,494	2,1
6	1	0	1	4,49973	19,714	1,0
7	-1	1	1	4,15616	21,362	18,5
8	0	0	2	3,67500	24,198	29,9
9	1	1	1	3,63355	24,479	100,0
10	-1	0	2	3,57724	24,870	31,2
11	2	0	0	3,37464	26,389	1,2
12	-2	0	1	3,36202	26,490	0,9
13	0	1	2	3,15602	28,254	1,4
14	-1	1	2	3,09346	28,838	20,4
15	0	2	0	3,08000	28,967	29,4
16	1	0	2	2,95962	30,172	65,3
17	-2	1	1	2,95110	30,261	55,4
18	0	2	1	2,83785	31,500	17,1
19	-2	0	2	2,81548	31,757	10,8
20	-1	2	1	2,70219	33,125	1,8
21	1	1	2	2,67071	33,527	2,7
22	2	1	1	2,57748	34,778	13,7
23	-2	1	2	2,56069	35,013	4,0
24	1	2	1	2,54162	35,285	4,4
25	-1	0	3	2,48625	36,097	9,6
26	0	0	3	2,45000	36,650	11,6
27	0	2	2	2,36058	38,091	0,3
28	-1	2	2	2,33406	38,541	16,7
29	-1	1	3	2,30554	39,037	1,1
30	-3	0	1	2,29834	39,164	2,0
31	0	1	3	2,27655	39,554	8,3
32	-2	2	1	2,27106	39,654	17,5
33	2	0	2	2,24976	40,045	10,9
34	-2	0	3	2,23130	40,391	3,0
35	1	0	3	2,15334	41,921	3,6
36	-3	0	2	2,14145	42,165	2,8
37	1	2	2	2,13560	42,286	4,7
38	2	1	2	2,11332	42,753	2,3
39	-2	1	3	2,09791	43,083	5,3
40	-2	2	2	2,07808	43,515	0,5
41	1	1	3	2,03414	44,505	7,8
42	3	0	1	2,02919	44,619	12,6
43	-3	1	2	2,02271	44,770	9,9
44	0	3	1	1,97761	45,848	1,1
45	1	3	0	1,96443	46,173	0,5
46	-1	2	3	1,93460	46,928	1,3
47	-1	3	1	1,92908	47,070	1,8
48	0	2	3	1,91737	47,375	4,0
49	-3	0	3	1,87698	48,459	1,4
50	1	3	1	1,86803	48,706	6,3
51	-3	2	1	1,84202	49,440	0,7
52	0	0	4	1,83750	49,570	0,7
53	2	2	2	1,81677	50,174	4,6
54	2	0	3	1,80199	50,614	0,8
55	-3	1	3	1,79548	50,811	1,6
56	0	3	2	1,79251	50,901	0,9
57	-1	3	2	1,78082	51,259	4,3
58	1	2	3	1,76573	51,730	2,7
59	0	1	4	1,76083	51,884	2,3
60	-3	2	2	1,75823	51,967	2,3

61	2	3	0	1,75414	52,097	4,7
62	-4	0	1	1,73019	52,874	5,4
63	-2	1	4	1,71768	53,289	1,1
64	3	2	1	1,69449	54,077	3,9
65	1	3	2	1,68783	54,308	2,0
66	1	0	4	1,68114	54,542	2,1
67	-4	1	1	1,66573	55,089	2,2
68	2	3	1	1,66354	55,168	2,2
69	-2	3	2	1,65900	55,332	1,2
70	4	1	0	1,62737	56,503	0,1
71	1	1	4	1,62183	56,713	0,4
72	-3	0	4	1,60822	57,237	0,1
73	-3	2	3	1,60281	57,448	1,3
74	-1	3	3	1,58321	58,227	0,3
75	0	2	4	1,57801	58,438	0,2
76	0	3	3	1,57372	58,612	0,4
77	4	0	1	1,57047	58,746	0,8
78	-4	0	3	1,56034	59,165	0,6
79	-3	1	4	1,55535	59,374	0,4
80	-2	2	4	1,54673	59,738	1,0
81	0	4	0	1,54000	60,026	4,0
82	-3	3	1	1,53125	60,404	0,4
83	3	2	2	1,52395	60,724	0,1
84	4	1	1	1,52179	60,819	0,1
85	2	3	2	1,51662	61,049	0,1
86	-4	2	1	1,50847	61,414	1,5
87	1	4	0	1,49991	61,803	1,5
88	1	3	3	1,48658	62,419	0,5
89	-3	3	2	1,48210	62,629	2,0
90	-2	0	5	1,47229	63,094	0,5
91	0	0	5	1,47000	63,204	0,4
92	-1	1	5	1,46419	63,484	0,3
93	3	1	3	1,45703	63,832	0,2
94	3	3	1	1,44331	64,512	0,4
95	2	1	4	1,44077	64,640	0,9
96	-2	1	5	1,43196	65,086	0,4
97	-3	2	4	1,42558	65,414	0,7
98	0	4	2	1,42033	65,686	0,6
99	-1	4	2	1,41449	65,992	1,6
100	-2	4	1	1,39909	66,813	0,5
101	-4	2	3	1,39191	67,203	0,1
102	-1	3	4	1,38728	67,457	0,5
103	-5	0	1	1,38271	67,710	3,3
104	-3	0	5	1,37821	67,961	1,7
105	1	0	5	1,37445	68,173	0,4
106	0	3	4	1,36928	68,466	0,5
107	1	4	2	1,36653	68,623	0,3
108	-1	2	5	1,35394	69,352	1,7
109	-2	4	2	1,35109	69,519	1,4
110	-2	3	4	1,34869	69,660	1,3
111	-3	1	5	1,34496	69,882	0,6
112	-5	1	2	1,33535	70,459	0,4
113	-2	2	5	1,32833	70,887	0,2
114	0	2	5	1,32665	70,990	0,3
115	-4	3	1	1,32310	71,210	1,7
116	5	1	0	1,31857	71,492	2,5
117	-1	4	3	1,30920	72,083	0,5
118	0	4	3	1,30382	72,428	1,0
119	1	3	4	1,30078	72,624	1,1
120	3	0	4	1,29008	73,324	0,1

121	4	2	2	1,28874	73,413	0,1
122	-5	1	3	1,28259	73,823	1,2
123	-4	2	4	1,28034	73,974	1,0
124	2	4	2	1,27081	74,623	1,1
125	-2	4	3	1,26744	74,856	0,7
126	3	1	4	1,26269	75,186	0,4
127	1	2	5	1,25514	75,717	0,6
128	5	1	1	1,25166	75,965	0,5
129	-3	4	2	1,25027	76,065	0,8
130	4	3	1	1,24743	76,269	0,4
131	-2	0	6	1,24234	76,638	0,2
132	4	1	3	1,23911	76,874	0,3
133	5	2	0	1,23633	77,079	0,3
134	-1	1	6	1,22918	77,611	1,4
135	3	4	1	1,22673	77,795	2,0
136	-1	3	5	1,21505	78,687	0,5
137	1	5	0	1,21118	78,987	0,3
138	-5	2	3	1,20653	79,352	0,1
139	-1	5	1	1,20353	79,589	0,2
140	2	3	4	1,20162	79,741	0,3
141	-2	3	5	1,19650	80,151	0,1
142	-3	0	6	1,19241	80,482	0,8
143	3	2	4	1,18992	80,685	0,9
144	1	5	1	1,18827	80,820	1,6
145	5	0	2	1,18502	81,088	0,8
146	5	2	1	1,18067	81,450	0,1
147	-3	1	6	1,17068	82,294	0,3
148	4	3	2	1,16732	82,583	1,3
149	-1	5	2	1,16368	82,898	1,0
150	-1	2	6	1,16232	83,016	0,5
151	-4	3	4	1,16107	83,125	0,6
152	2	5	0	1,15729	83,458	2,0

Stick Pattem



Name and formula

Reference code: 01-074-1392

Mineral name: Muscovite 3T
Compound name: Potassium Aluminum Silicate Hydrate
ICSD name: Potassium Aluminum Silicate Hydrate

Empirical formula: $\text{Al}_3\text{H}_2\text{KO}_{12}\text{Si}_3$
Chemical formula: $\text{Al}_3\text{Si}_3\text{K}(\text{OH})_2\text{O}_{10}$

Crystallographic parameters

Crystal system: Hexagonal
Space group: P3112
Space group number: 151

a (Å): 5,1963
b (Å): 5,1963
c (Å): 29,9705
Alpha (°): 90,0000
Beta (°): 90,0000
Gamma (°): 120,0000

Calculated density (g/cm³): 2,83
Volume of cell (10⁶ pm³): 700,83
Z: 3,00

RIR: 0,61

Subfiles and quality

Subfiles: Corrosion
Inorganic
Mineral
Modelled additional pattern

Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 027170
Creation Date: 01/01/1970
Modification Date: 01/01/1970
ICSD Collection Code: 027170
Calculated Pattern Original Remarks: ATOM H 1 +1. 6.00 Atoms not located in unit cell
Temperature Factor: ITF.

References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Guven, N., Burnham, C.W., *Year Book Carnegie Inst. Washington*, **65**, 290, (1966)

Peak list

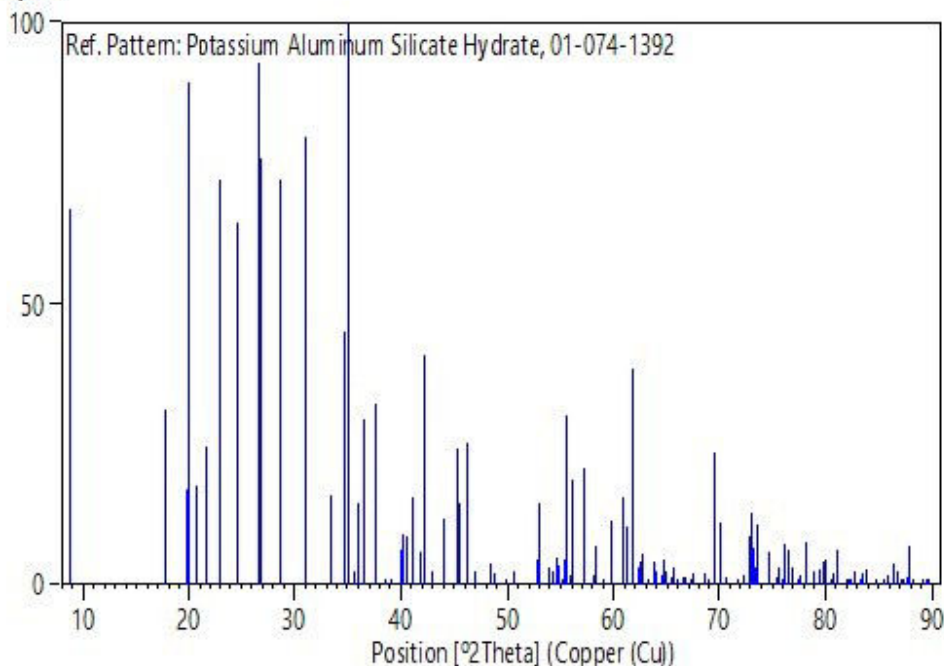
No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	0	0	3	9,99017	8,844	66,9
2	0	0	6	4,99508	17,742	31,1
3	1	0	0	4,50013	19,712	16,9
4	1	0	1	4,45024	19,935	89,5
5	1	0	2	4,30998	20,591	17,4
6	1	0	3	4,10306	21,642	24,4
7	1	0	4	3,85779	23,036	72,3
8	1	0	5	3,59879	24,719	64,5
9	1	0	6	3,34340	26,641	92,7
10	0	0	9	3,33006	26,749	75,9
11	1	0	7	3,10189	28,758	72,3
12	1	0	8	2,87919	31,036	79,9
13	1	0	9	2,67685	33,448	15,9
14	-1	-1	1	2,58844	34,626	44,9
15	1	1	2	2,55996	35,024	100,0
16	-1	-1	3	2,51450	35,678	2,4
17	0	0	12	2,49447	35,974	14,4
18	-1	-1	4	2,45475	36,577	29,1
19	-1	-1	5	2,38384	37,705	31,9
20	1	0	11	2,33070	38,598	0,8
21	-1	-1	6	2,30499	39,046	0,5
22	2	0	0	2,25006	40,040	6,2
23	2	0	1	2,24375	40,157	8,9
24	-1	-1	7	2,22117	40,583	8,5
25	2	0	3	2,19508	41,087	15,4
26	2	0	4	2,15499	41,887	5,8
27	-1	-1	8	2,13496	42,299	40,8
28	2	0	5	2,10654	42,898	2,3
29	1	0	13	2,05153	44,107	11,8
30	0	0	15	1,99803	45,353	24,2
31	2	0	7	1,99177	45,504	14,4
32	-1	-1	10	1,96316	46,205	25,2
33	1	0	14	1,93316	46,965	0,8
34	2	0	8	1,92890	47,075	2,2
35	-1	-1	11	1,88028	48,369	3,9
36	2	0	9	1,86437	48,808	1,9
37	1	0	15	1,82613	49,899	0,9
38	-1	-1	12	1,79939	50,693	2,4
39	2	0	11	1,73493	52,718	4,3
40	1	0	16	1,72933	52,902	3,0
41	-1	-1	13	1,72443	53,064	14,4
42	2	1	1	1,69816	53,951	3,1
43	-2	-1	2	1,69004	54,231	2,5
44	2	1	3	1,67676	54,697	4,6
45	2	0	12	1,67170	54,876	3,3
46	0	0	18	1,66503	55,114	0,8
47	2	1	4	1,65869	55,343	4,4
48	-1	-1	14	1,65217	55,580	30,1
49	1	0	17	1,64150	55,973	1,8
50	-2	-1	5	1,63629	56,167	18,7
51	-2	-1	6	1,61010	57,164	20,8
52	-1	-1	15	1,58385	58,201	1,6
53	-2	-1	7	1,58072	58,328	6,9
54	1	0	18	1,56157	59,114	1,1
55	-2	-1	8	1,54874	59,653	11,2
56	-1	-1	16	1,51944	60,924	15,6
57	-2	-1	9	1,51474	61,133	10,4
58	3	0	0	1,50004	61,797	38,4

59	1	0	19	1,48859	62,325	3,1
60	3	0	3	1,48341	62,567	4,2
61	-2	-1	10	1,47927	62,762	5,6
62	3	0	4	1,47086	63,163	0,6
63	-1	-1	17	1,45883	63,744	4,2
64	3	0	5	1,45517	63,924	2,3
65	-2	-1	11	1,44282	64,537	1,6
66	2	0	16	1,43960	64,699	4,5
67	3	0	6	1,43666	64,847	2,2
68	0	0	21	1,42717	65,332	1,4
69	1	0	20	1,42177	65,611	3,2
70	3	0	7	1,41567	65,930	0,4
71	-2	-1	12	1,40584	66,450	1,4
72	-1	-1	18	1,40186	66,663	1,4
73	3	0	8	1,39256	67,167	0,4
74	2	0	17	1,38773	67,432	1,9
75	-2	-1	13	1,36769	68,557	2,0
76	1	0	21	1,36039	68,976	0,9
77	-1	-1	19	1,34835	69,681	23,3
78	2	0	18	1,33842	70,273	11,1
79	-2	-1	14	1,33172	70,680	1,3
80	3	0	11	1,31405	71,776	0,8
81	1	0	22	1,30386	72,425	1,7
82	2	2	1	1,29786	72,814	8,5
83	-2	-1	15	1,29422	73,052	12,6
84	2	0	19	1,29162	73,223	6,4
85	-2	-2	3	1,28823	73,447	3,0
86	3	0	12	1,28593	73,600	10,7
87	-2	-2	5	1,26960	74,706	5,8
88	-2	-1	16	1,25922	75,429	1,3
89	3	0	13	1,25732	75,563	2,9
90	1	0	23	1,25165	75,966	0,6
91	-3	-1	1	1,24703	76,298	7,1
92	3	1	2	1,24311	76,582	6,2
93	-3	-1	3	1,23848	76,921	2,9
94	3	1	4	1,23115	77,464	1,1
95	3	0	14	1,22847	77,664	1,6
96	3	1	5	1,22190	78,161	7,6
97	-3	-1	6	1,21088	79,010	2,3
98	2	0	21	1,20518	79,458	2,8
99	1	0	24	1,20330	79,607	1,3
100	3	0	15	1,19960	79,902	4,2
101	-3	-1	7	1,19824	80,011	4,5
102	-2	-2	10	1,19192	80,522	0,8
103	-2	-1	18	1,18983	80,692	2,1
104	-3	-1	8	1,18412	81,162	6,1
105	-2	-2	11	1,17261	82,129	0,4
106	3	0	16	1,17087	82,278	0,5
107	-3	-1	9	1,16872	82,462	1,1
108	-1	-1	23	1,16478	82,802	2,3
109	1	0	25	1,15842	83,358	0,6
110	-2	-1	19	1,15658	83,521	1,9
111	-3	-1	10	1,15219	83,911	2,8
112	3	0	17	1,14246	84,791	0,1
113	-3	-1	11	1,13472	85,507	0,3
114	-2	-2	13	1,13176	85,784	1,6
115	-2	-1	20	1,12439	86,484	3,7
116	4	0	2	1,12187	86,727	2,2
117	4	0	3	1,11797	87,105	1,1
118	-3	-1	12	1,11646	87,252	0,9

119	3	0	18	1,11447	87,447	0,9
120	4	0	4	1,11256	87,636	1,3
121	-2	-2	14	1,11059	87,831	6,9
122	4	0	5	1,10572	88,318	0,5
123	3	1	13	1,09759	89,145	0,7
124	-2	-1	21	1,09329	89,590	1,1
125	2	0	24	1,09188	89,737	0,4

Stick Pattern

Intensity [%]



Name and formula

Reference code: 01-087-1166

Mineral name: Hematite
Compound name: Iron Oxide
ICSD name: Iron Oxide

Empirical formula: Fe₂O₃
Chemical formula: Fe₂O₃

Crystallographic parameters

Crystal system: Rhombohedral
Space group: R-3c
Space group number: 167

a (Å): 5,0353
b (Å): 5,0353
c (Å): 13,7495
Alpha (°): 90,0000
Beta (°): 90,0000
Gamma (°): 120,0000

Calculated density (g/cm³): 5,27
Volume of cell (10⁶ pm³): 301,90
Z: 6,00

RIR: 3,27

Subfiles and quality

Subfiles: Alloy, metal or intermetallic
Corrosion
Inorganic
Mineral
Modelled additional pattern

Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 082904
Creation Date: 01/01/1970
Modification Date: 01/01/1970
ICSD Collection Code: 082904

Calculated Pattern Original Remarks: REM TEM 297
Calculated Pattern Original Remarks: REM DEN
Calculated Pattern Original Remarks: REM AHT

Temperature Factor: ITF
Sample Source or Locality: Specimen from an unknown locality.

References

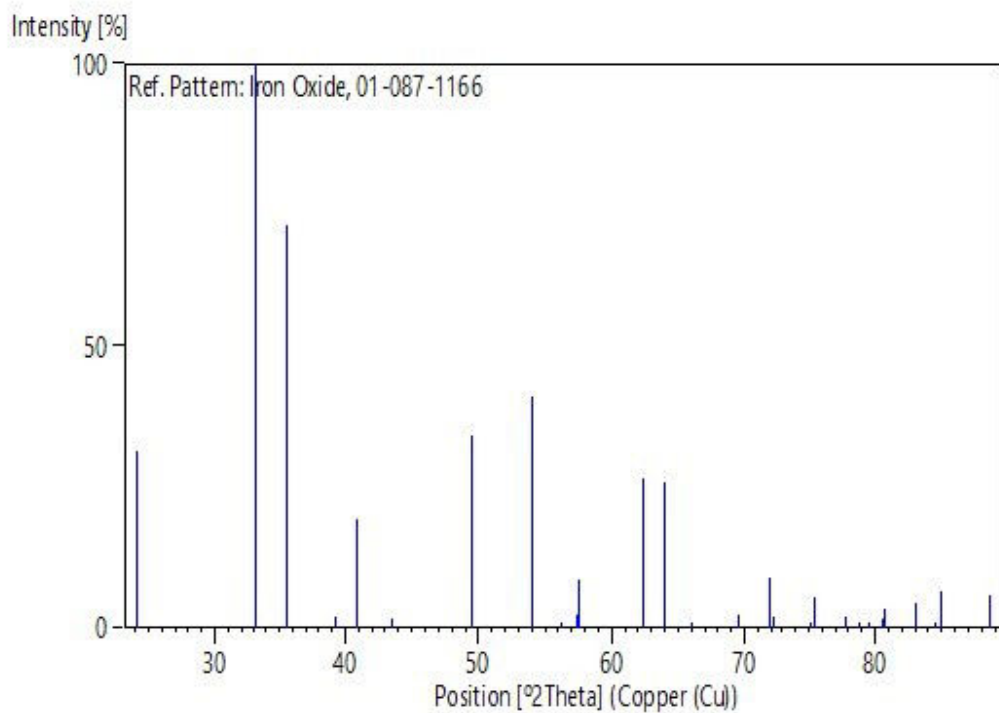
Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*

Structure:

Sawada, H., *Mater. Res. Bull.*, **31**, 141, (1996)**Peak list**

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	0	1	2	3,68238	24,149	31,2
2	1	0	4	2,69953	33,159	100,0
3	1	1	0	2,51765	35,632	71,3
4	0	0	6	2,29158	39,284	1,9
5	1	1	3	2,20663	40,863	19,2
6	2	0	2	2,07833	43,509	1,8
7	0	2	4	1,84119	49,464	34,1
8	1	1	6	1,69469	54,070	41,1
9	2	1	1	1,63647	56,161	0,5
10	1	2	2	1,60277	57,450	2,5
11	0	1	8	1,59898	57,599	8,6
12	2	1	4	1,48618	62,438	26,4
13	3	0	0	1,45357	64,002	25,7
14	1	2	5	1,41371	66,033	0,2
15	2	0	8	1,34976	69,597	2,5
16	1	0	10	1,31131	71,949	8,8
17	1	1	9	1,30607	72,283	2,1
18	2	1	7	1,26258	75,193	0,3
19	2	2	0	1,25882	75,457	5,5
20	0	3	6	1,22746	77,740	1,9
21	2	2	3	1,21387	78,778	0,9
22	1	3	1	1,20479	79,489	0,1
23	3	1	2	1,19115	80,584	1,6
24	1	2	8	1,18959	80,712	3,5
25	0	2	10	1,16301	82,956	4,3
26	0	0	12	1,14579	84,488	0,2
27	1	3	4	1,14088	84,936	6,5
28	2	2	6	1,10332	88,560	5,9

Stick Pattern



Name and formula

Reference code: 01-076-0940

Mineral name: Cristobalite low
Compound name: Silicon Oxide
ICSD name: Silicon Oxide

Empirical formula: O₂Si
Chemical formula: SiO₂

Crystallographic parameters

Crystal system: Tetragonal
Space group: P41212
Space group number: 92

a (Å): 4,9964
b (Å): 4,9964
c (Å): 7,0169
Alpha (°): 90,0000
Beta (°): 90,0000
Gamma (°): 90,0000

Calculated density (g/cm³): 2,28
Volume of cell (10⁶ pm³): 175,17
Z: 4,00
RIR: 5,08

Status, subfiles and quality

Status: Diffraction data collected at non ambient temperature
Subfiles: Alloy, metal or intermetallic
Corrosion
Inorganic
Mineral
Modelled additional pattern
Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 034932
Creation Date: 01/01/1970
Modification Date: 01/01/1970
ICSD Collection Code: 034932
Temperature Factor: ATF
Calculated Pattern Original Remarks: REM TEM 483
Sample Source or Locality: Specimen from Ellora Caves, India.

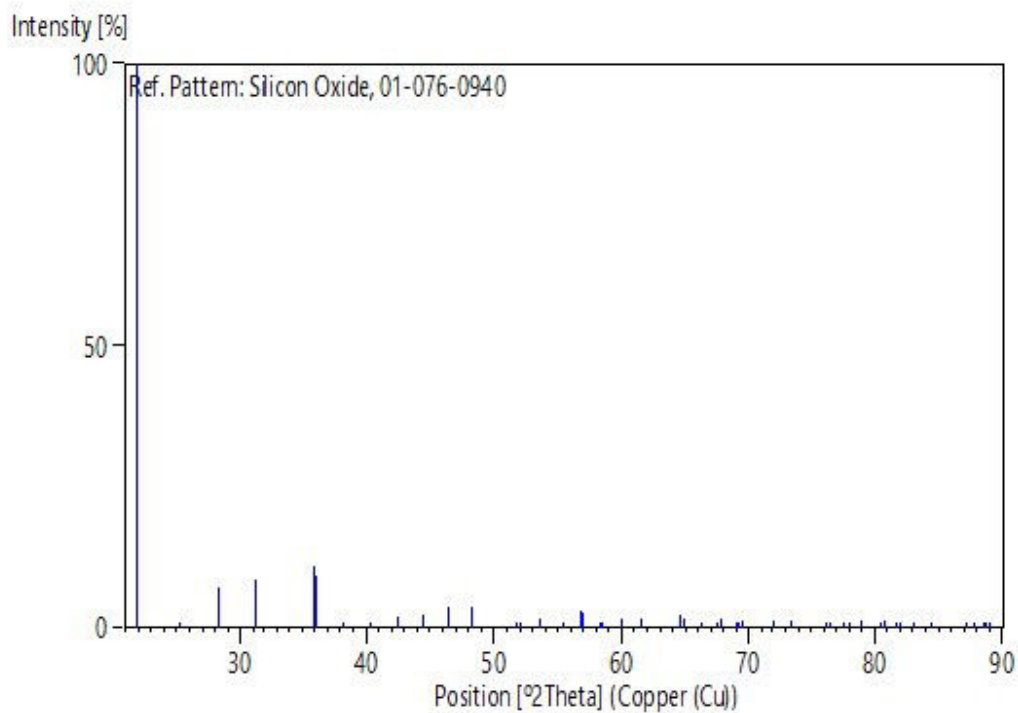
References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Peacor, D.R., *Z. Kristallogr., Kristallgeom., Kristallphys., Kristallchem.*, **138**, 274, (1973)

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	1	4,07003	21,819	100,0
2	1	1	0	3,53299	25,187	0,5
3	1	1	1	3,15557	28,258	7,2
4	1	0	2	2,87127	31,124	8,4
5	2	0	0	2,49820	35,919	11,0
6	1	1	2	2,48948	36,049	9,1
7	2	0	1	2,35349	38,210	0,2
8	2	1	0	2,23446	40,331	0,1
9	2	1	1	2,12911	42,421	2,1
10	2	0	2	2,03502	44,484	2,2
11	1	1	3	1,95030	46,528	3,7
12	2	1	2	1,88469	48,248	3,8
13	2	2	0	1,76649	51,706	0,4
14	0	0	4	1,75423	52,094	0,6
15	2	0	3	1,70742	53,635	1,8
16	1	0	4	1,65517	55,471	0,4
17	3	0	1	1,62045	56,766	3,0
18	2	1	3	1,61568	56,949	2,8
19	3	1	0	1,58000	58,357	0,3
20	2	2	2	1,57779	58,447	0,3
21	3	1	1	1,54141	59,965	1,7
22	3	0	2	1,50455	61,592	1,7
23	3	1	2	1,44065	64,646	2,3
24	2	0	4	1,43563	64,899	1,6
25	2	2	3	1,40964	66,248	1,0
26	3	2	0	1,38575	67,542	0,1
27	2	1	4	1,37981	67,872	1,6
28	3	2	1	1,35949	69,028	0,8
29	3	0	3	1,35668	69,192	0,9
30	1	0	5	1,35110	69,518	1,2
31	3	1	3	1,30927	72,079	1,2
32	3	2	2	1,28886	73,405	1,3
33	4	0	0	1,24910	76,149	0,1
34	2	2	4	1,24474	76,464	0,7
35	4	0	1	1,22977	77,567	0,8
36	2	0	5	1,22354	78,036	0,1
37	4	1	0	1,21181	78,938	1,2
38	3	2	3	1,19222	80,497	1,1
39	2	1	5	1,18843	80,807	1,2
40	3	3	0	1,17766	81,702	0,2
41	4	0	2	1,17675	81,779	0,2
42	3	1	4	1,17401	82,010	0,5
43	3	3	1	1,16142	83,095	0,3
44	4	1	2	1,14541	84,522	0,2
45	4	2	0	1,11645	87,253	0,4
46	1	1	6	1,11024	87,866	1,0
47	4	2	1	1,10333	88,559	0,7
48	4	0	3	1,10182	88,712	0,3
49	2	2	5	1,09883	89,018	0,2

Stick Pattern



Résumé :

Le gisement ferrifère de la mine de Boukhadra est situé à 200 km au Sud de la ville côtière d'Annaba et à 45 km au nord-Est de Tébessa. La mine est l'une des plus importantes unités de production de fer dans tout le territoire Algérien.

Le minerai provoque une expansion de poussières qui envahissent presque tous les quartiers de la ville. Cette poussière est non seulement la source d'une dégradation de l'environnement, mais aussi de la qualité des eaux de surface, en plus elle a un impact sur la végétation. Cette expansion de poussières est aussi la cause principale des maladies pulmonaires dont la silicose qui se propage dans ce milieu urbain. Dans cette étude expérimentale nous nous sommes intéressés à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de Boukhadra sur l'environnement.

Une étude sur la caractérisation physico-chimique et minéralogique est menée sur des échantillons représentatifs prélevés dans la mine et en dehors des carreaux de champ minier. Les analyses sont portées sur la Fluorescence X (FX), Diffraction à Rayons X (DRX) et Spectrométrie d'absorption atomique (SAA). Cette étude a permis de montrer que les résultats obtenir confirmant une contamination par métaux lourds qui est on les peut trouver dans la poussière, le sol et la végétation et qui est un danger environnemental qui menace la région.

Mots clé : environnement, métaux lourds, impact.

Abstract :

The iron deposit of the Boukhadra mine is located 200 km south of the coastal town of Annaba and 45 km northeast of Tébessa the mine is one of the largest iron production units in the whole territory Algerian.

The ore causes an expansion of dust which invades almost all the districts of the city. This dust in not only the source of environmental degradation, but also of the quality of surface waters, in addition it has an impact on the vegetation this expansion of dust is also the main cause of lung diseases including silicosis which is spreading in this urban environment.

A study on the physico-chemical and mineralogical characterization is carried out on representative samples taken in the mine and outside the mining field tiles. The analyzes are carried out on Fluorescence X (FX). X-Ray Diffraction (XRD) and Atomic Absorption Spectrometry (AAS) This study has shown that the results obtained confirm contamination by lords metals which can be found in the growth of the soil and vegetation and which is a danger environment that threatens the region