

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département des Mines et géologie

# *Memoire de Fin d'Etudes*

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines  
Option : valorisation des ressources minérale

*Présenté par*

M<sup>r</sup> BEN NAADJA YACINE

M<sup>r</sup> BOULASSEL MEROUANE

## Thème

**Etude D'impact Sur l'environnement Cas De la  
Carrière De Djebel Merada Ziama Mensouriah  
(Contamination par Métaux lourds)**

Soutenu le 02 /07 /2015 devant le jury composé de :

Président :	M <sup>r</sup> GUELMAMI.A	M.A.B	U.A.M.B
Encadreur :	M <sup>r</sup> AKDIM.A	M.A.A	U.A.M.B
Examinatrice :	M <sup>me</sup> KAMLI.O	M.A.A	U.A.M.B

*Année Universitaire : 2014-2015*



*✦ Remerciements ✦*

*Nous rendons grâce à Dieu le tout puissant qui nous  
A donnée l'aide, La patience et le courage  
Pour accomplir ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à notre encadreur de Mémoire :  
M<sup>er</sup>. **AKDIM Abdelghani**. Et tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont  
participé à la réalisation de ce travail.*

*J'exprime toute ma gratitude à **Mr. Guelmami.A**, enseignant à l'université de  
Bejaia et **Mme. KAMLI.O**, enseignante à l'université de Bejaia, de me faire  
l'honneur d'être les rapporteurs de notre mémoire. Merci également d'avoir  
accepté de participer à notre jury de mémoire*

*Nous tenons aussi à remercier le chef du département de Mines et Géologie Pr.  
**MAZA**, et l'ensemble des enseignants de Mines et Géologie, pour les conseils  
qu'ils nous ont donnés toutes les années. Pour leur participation a notre formation.  
Qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux et de notre  
profonde gratitude pour leur gentillesse, disponibilité et soutien.*

*Les membres du laboratoire de recherche, laboratoire d'analyse DRX, et  
laboratoire d'analyse SAA, les employés de la direction des mines, d'hydrauliques  
et des forets de Jijel, et de la Carrière de Djebel Mrada. (**EURL Torchi**) Ziamma  
Mansouriah.*

*Enfin, nous voudrions remercier une partie de nos camarades de promotion du  
Master Mines et Géologie promotion 2014/2015, pour leur bonne humeur  
permanente et le soutien qu'ils nous ont apporté.*

***Merouane & Yacine***

***2014-2015***

## *✧ Dédicace ✧*

*Comme la mer est pour le poisson  
Comme l'air est pour les vivants  
Vous m'es nécessaire chères parents*

*Je dédie ce mémoire :*

*A mon **cher père***

*Pour son immense sacrifice et son dévouement, pour tout le soutien moral et matériel qu'il m'a apporté durant de très longues années d'étude.*

*A ma très **chère mère***

*Symbole de beauté, d'affection, de douceur, de tendresse et de sacrifice je n'oublierais jamais ce que tu as fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.*

*A monsieur : **A .AKDIM***

*Pour m'avoir inspiré le choix de ce sujet et de m'avoir aidé à sa réalisation.*

*A mes frères : **Kamel, Bilal et Mohamed***

*A mes sœurs : **Ouarda et Loubna***

*Et son marie Mouloud, et ces fils **Mehdi, Khaoula, Nor et taha.***

*Pour leur soutien et fidélité.*

*J'espère de tout mon cœur qu'ils seront heureux dans leur vie*

*A toute la famille : **BOULASSEL***

*A mes chers amis : **Hichem, Rabeh, Zineddin, Zaim, Walid.***

*A Mes amis de la chambre B501 de 1000lits :*

***Amine, Nabil, Salah, Abdou, Mohamed***

*A tout mes Amis d Adrar*

*A mes collègues de **Master Génie Géologie***

*(Promotion 2009/2010)*

*Pour tous les moments qu'on a passe ensemble.*

***B. Merouane***

## *✧ Dédicace ✧*

*Comme la mer est pour le poisson  
Comme l'air est pour les vivants  
Vous m'es nécessaire chères parents*

*Je dédie ce mémoire :*

*A mon **chère père***

*Pour son immense sacrifice et son dévouement, pour tout le soutien moral et matériel qu'il m'a apporté durant de très longues années d'étude.*

*A ma très **chère mère***

*Symbole de beauté, d'affection, de douceur, de tendresse et de sacrifice je n'oublierais jamais ce que tu as fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.*

*A monsieur : **A .AKDIM***

*Pour m'avoir inspiré le choix de ce sujet et de m'avoir aidé à sa réalisation.*

*A mes frères : **Hamza, Salim, et Mohamed***

*A mes sœurs : **Hanane, Sabah, Meriem***

*A ma chérie : **Liza***

*Pour leur soutien et fidélité.*

*J'espère de tout mon cœur qu'ils seront heureux dans leur vie*

*A toute la famille : **BEN NAADJA***

*A mes chers amis :*

***Amine, Nabil, Abdou, Mohamed, Djalal, Hamza, Nounou,  
Salah Eddine, Idris, Yassine, Lamda, Bilal, Kada***

***A tout mes Amis d Adrar et Bejaia et Bou Saadâ***

*A mes collègues **de Master Génie Géologie***

***(Promotion 2014/2015)***

*Pour tous les moments qu'on a passé ensemble.*

***B. Yacine***

## LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

### CHAPITRE. I

<b>Photo. I.1.</b> Des Forets à Jijel. ....	05
<b>Photo. I.2.</b> La trouée de l'oued Taza dans le massif calcaire. ....	8
<b>Photo. I.3.</b> La chaîne calcaire près de Ziamma ....	8
<b>Photo. I.4.</b> Détail du bassin néo génique de Jijel.....	8
<b>Photo. I.5.</b> Bassin sahélien autour du littoral jijelien.....	8
<b>Figure. I.1.</b> Carte des pentes de la région de Jijel au 1/200 000.....	10
<b>Photo. I.6.</b> Le barrage de Tabellout, sur l'oued Djendjen (Jijel).....	12
<b>Figure. I.2.</b> Production des agrégats : période 2000 – 2007.....	13
<b>Figure. I.3.</b> Production des granulats au niveau de la wilaya de Jijel par rapport aux besoins exprimés par les différents secteurs.....	15
<b>Figure. I.4.</b> Pourcentage respectifs de production de granulats de différentes carrières de la wilaya de Jijel en 2009 (en m <sup>3</sup> /an).....	16
<b>Figure. I.5.</b> Localisation Topographique du gisement de Djebel Merada. Extrait de la carte Topographique de Bejaia NJ-31-VI-32 Est. Echelle 1/20.000 <sup>ème</sup> . ....	18
<b>Figure. I.6.</b> Coupe géologique au niveau de Djebel Merada. ....	20
<b>Photos. I.7 et I.8.</b> Calcaire Dolomitique gris à fente remplie de calcite, constitue le cœur de l'anticlinal de Dj. Merada. ....	21
<b>Photo. I.9.</b> Marnes gris clair légèrement schistosées se débitent en frites affleurent largement au pied du Dj. Merada. ....	21
<b>Photo. I.10.</b> Travaux de décapage de la terre végétale et de la partie stérile du gisement de la carrière de Djebel Merada. ....	26
<b>Photo. I.11.</b> Chariot de forage.....	27
<b>Photo. I.12.</b> Illustre l'effet d'un un tir de mine.....	27
<b>Photo. I.13.</b> Photo illustrant le chargement et le transport des enrochements vers les stations de traitement. ....	29
<b>Photos. I.14 et I.15.</b> Illustrant les stations de traitements utilisées dans la carrière D'EURL TORCHI Ziamma Mensouriah.....	30
<b>Photo. I.16.</b> Photos illustrant le broyeur à percussion ....	31
<b>Photo. I.17.</b> Le broyeur à mâchoire utilisés dans le concassage des enrochements ....	31
<b>Figure. I.8.</b> Principe de cribles superposés utilisés dans le cas de la carrière de Ziamma Mensouriah.....	32

## CHAPITRE. II

<b>Figure. II.1.</b> cycle globale des métaux lourds. ....	44
<b>Figure. II.2.</b> Origine des éléments traces métalliques dans le sol. ....	45
<b>Figure. II.3.</b> Préparation des échantillons de sol .....	48
<b>Figure. II.4.</b> Préparation des échantillons du matière végétale. ....	49
<b>Figure. II.5.</b> Schéma représentant le principe de la diffraction .....	50
<b>Figure. II.6.</b> Schéma représentant les pics de diffraction et les atomiques. ....	50
<b>Figure. II.7.</b> Appareil Philips X Pert. ....	51
<b>Figure. II.8.</b> Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique. ....	53
<b>Figure. II.9.</b> Spectrophotomètres de flamme : (a) appareil à simple faisceau (b) appareil à double faisceau. ....	53

## CHAPITRE. III

<b>Figure.III.1.</b> Résultat d'analyse par DRX du sol de la zone Est. ....	54
<b>Figure.III.2.</b> Résultat d'analyse par DRX du cendre de la zone Est .....	55
<b>Figure.III.3.</b> Résultat d'analyse par DRX du sol de la zone Ouest.....	56
<b>Figure.III.4.</b> Résultat d'analyse par DRX du cendre de la zone Ouest.....	57
<b>Figure.III.5.</b> Résultat d'analyse par DRX du sol de la zone Nord .....	59
<b>Figure.III.6.</b> Résultat d'analyse par DRX du cendre de la zone Nord. ....	60
<b>Figure.III.7.</b> Courbe d'étalonnage du nickel (Ni). ....	62
<b>Figure.III.8.</b> Courbe d'étalonnage du cuivre (Cu). ....	63
<b>Figure.III.9.</b> Courbe d'étalonnage du Fer (Fe). ....	64
<b>Figure.III.10.</b> Courbe d'étalonnage du Plomb (Pb). ....	65
<b>Figure.III.11.</b> Courbe d'étalonnage du Zinc (Zn). ....	67
<b>Figure.III.12.</b> Courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd). ....	68
<b>Figure.III.13.</b> Courbe d'étalonnage du Manganèse (Mn). ....	69

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE. I

<b>Tableau .I.1.</b> Aspect Administratif.....	<b>03</b>
<b>Tableau .I.2.</b> Classes de pente dans la région de Jijel. ....	<b>9</b>
<b>Tableau .I.3.</b> Les coordonnées UTM-F31 du gisement.....	<b>17</b>
<b>Tableau .I.4.</b> Principales possibilités d'aménagement des carrières à sec .....	<b>35</b>

### CHAPITRE. III

<b>Tableau.III.1.</b> Les angles de diffraction du sol de la zone Est.....	<b>54</b>
<b>Tableau .III.2.</b> Les angles de diffraction du cendre de la zone Est.....	<b>55</b>
<b>Tableau .III.3.</b> Les angles de diffraction du sol de la zone Ouest.....	<b>56</b>
<b>Tableau .III.4.</b> Les angles de diffraction du cendre de la zone Ouest.....	<b>57</b>
<b>Tableau .III.5.</b> Les angles des diffractions du sol de la zone Nord.....	<b>59</b>
<b>Tableau .III.6.</b> Les angles des phases du cendre de la zone Nord .....	<b>60</b>
<b>Tableau .III.7.</b> Les données de courbe d'étalonnage du nickel(Ni) .....	<b>61</b>
<b>Tableau .III.8.</b> Les données de courbe d'étalonnage du cuivre(Cu) .....	<b>62</b>
<b>Tableau .III.9.</b> Les données de courbe d'étalonnage du Fer(Fr) .....	<b>63</b>
<b>Tableau .III.10.</b> Les données de courbe d'étalonnage du Plomb(Pb) .....	<b>65</b>
<b>Tableau .III.11.</b> Les données de courbe d'étalonnage du Zinc(Zn) .....	<b>66</b>
<b>Tableau .III.12.</b> Les données de courbe d'étalonnage du Cadmium(Cd) .....	<b>67</b>
<b>Tableau .III.13.</b> Les données de courbe d'étalonnage du Manganèse(Mn) .....	<b>68</b>
<b>Tableau .III.14.</b> Les normes des métaux lourds dans l'eau .....	<b>69</b>
<b>Tableau .III.15.</b> Résultats de la SAA de la zone Est.....	<b>69</b>
<b>Tableau .III.16.</b> Résultats de la SAA de la zone Ouest.....	<b>70</b>
<b>Tableau .III.17.</b> Résultats de la SAA de la zone Nord.....	<b>71</b>
<b>Tableau .III.18.</b> Résultats de la SAA de l'eau de la source .....	<b>72</b>



**LISTE DES ABREVIATIONS**

**NW** : Nord West.

**NE** : Nord Est.

**SE** : Sud Est.

**ONEX** : Office National des Explosifs.

**EMTP** : Entreprise Méditerranéenne des travaux publics.

**SAA** : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

**DRX** : Diffraction des Rayons X.

## Sommaire

**LISTE DES FIGURES ET PHOTO**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES ABREVIATION**

**INTRODUCTION GENERALE**

**CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE**

**Introduction**

<b>I.1. Situation administrative .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1. Localisation géographique de la wilaya .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.2. La population .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.3. Ressources de la wilaya .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. Cadre naturelle .....</b>	<b>6</b>
<b>I.2.1. géologie.....</b>	<b>6</b>
<b>I.2.2. Relief .....</b>	<b>9</b>
<b>I.2.3. Les pentes .....</b>	<b>9</b>
<b>I.2.4. Etude hydrologique et hydrogéologique .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.4.1. Climat .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.4.2. Hydrographie .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.4.2.1. Réseau hydrographique .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.4.2.2. Caractéristiques des bassins versants .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.4.2.3. Réservoirs .....</b>	<b>11</b>
<b>I.3. Quelque données sur les granulats .....</b>	<b>12</b>
<b>I.3.1. Evolution de la production des granulats en Algérie .....</b>	<b>12</b>
<b>I.3.2. Production des granulats dans la wilaya de Jijel .....</b>	<b>13</b>
<b>I.3.2.1. Evolution de la production des granulats dans la wilaya de Jijel .....</b>	<b>14</b>
<b>I.3.2.2. Production au niveau de la carrière de Dj. Mrada Ziamma Mansouriah .....</b>	<b>15</b>
<b>I.4. Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>16</b>
<b>I.4.1. Description du site et de son environnement .....</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.1. Morphologie et climat .....</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.2. Réseau hydrographique .....</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.3. Hydrogéologie .....</b>	<b>18</b>

I.4.1.4. Topographie .....	18
I.4.1.5. Géologie de la Carrière de Dj. Merada .....	19
I.4.2. Diagnostic des installations de l'établissement .....	22
I.4.2.1. Description du processus de fabrication .....	22
I.4.3. Processus de production des granulats .....	25
I.4.3.1. Le décapage (découverte) .....	25
I.4.3.2. Extraction des roches massives .....	26
I.4.3.3. Le transfert vers les lieux de traitement .....	28
I.4.3.4. Le traitement des granulats .....	29
I.4.3.4.1. Le concassage et le broyage .....	30
I.4.3.4.2. Le criblage .....	31
I.4.3.4.3. Le lavage .....	33
I.4.3.4.4. Stockage et livraison .....	33
I.4.3.4.5. Chargement et transport .....	34
I.4.3.5. Aménagement après Exploitation .....	34
I.4.3.6. Principales possibilités d'aménagement des carrières .....	35
I.4.3.7. Les procède de fabrication en opérations élémentaires .....	35
I.5. Impact environnementaux .....	36
I.5.1. Effluents liquides .....	36
I.5.2. Déchets solides et organiques .....	36
I.5.3. Produits finis .....	37
I.5.4. Emission de bruit à l'extérieur de l'unité .....	37
I.5.5. Emission de poussières .....	38

## Conclusion

## CHAPITRE II : METHODES ET CARACTERISATIONS

### Introduction

II.1. Rappels généraux sur les métaux lourds .....	40
II.1.1. Définition .....	40
II.1.2. Toxicité des métaux lourds .....	41
II.1.3. Effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme .....	41
II.1.3.1. Les effets sur l'environnement .....	41
II.1.3.1.1. Contamination des sols .....	43

II.1.3.1.2. Contamination de l'air .....	43
II.1.3.1.3. Contamination de l'eau .....	43
II.1.3.2. Les effets sur la santé .....	44
II.2. Prélèvement des échantillons .....	45
II.3. Préparation des échantillons .....	46
II.4. Analyse par diffraction des rayons X (DRX) .....	47
II.4.1. Le principe .....	47
II.4.2. Equipements .....	58
II.4.3. Protocole .....	49
II.5. Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique .....	50
II.5.1. Principe .....	50
II.5.2. Appareillage .....	51
 Conclusion	

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### Introduction

III.1. Présentation des résultats obtenus par la diffraction des rayons X .....	53
III.1.1. La zone Est .....	53
III.1.1.1. Résultats de la zone Est .....	53
III.1.1.2. Interprétation des résultats de la zone Est .....	56
III.1.2. La zone Ouest .....	56
III.1.2.1. Résultats de la zone Ouest .....	56
III.1.2.2. Interprétation des résultats de la zone Ouest .....	58
III.1.3. La zone Nord .....	58
III.1.3.1. Résultats de la zone Nord .....	58
III.1.3.2. Interprétation des résultats de la zone Nord .....	60
III.2. Présentation des résultats obtenus par Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) .....	60
III.2.1. Les courbe d'étalonnages .....	60
III.2.2. Résultats obtenu par la SAA .....	69
III.2.2.1. La zone EST .....	69
III.2.2.1.1. Résultats de la zone Est .....	69
III.2.2.1.2. Discussion des résultats de la zone Est .....	70

<b>III.2.2.2. La zone Ouest .....</b>	<b>70</b>
<b>III.2.2.2.1. Résultats de la zone Ouest .....</b>	<b>70</b>
<b>III.2.2.2.2. Discussion des résultats de la zone Ouest .....</b>	<b>71</b>
<b>III.2.2.3. La zone Nord .....</b>	<b>71</b>
<b>III.2.2.3.1. Résultats de la zone Nord .....</b>	<b>71</b>
<b>III.2.2.3.2. Discussion des résultats de la zone Nord .....</b>	<b>71</b>
<b>III.2.2.4. L'Eau de la source .....</b>	<b>72</b>
<b>III.2.2.4.1. Résultats de l'eau de la source .....</b>	<b>72</b>
<b>III.2.2.4.2. Discussion des résultats de l'eau de la source .....</b>	<b>73</b>

**Conclusion**

**CONCLUSION GENERALE**

















## **Introduction générale :**

La carrière du gisement de Merada exploitée par l'entreprise EURL Torchi, faisant l'objet de notre étude est située à 3 Km au Sud de la commune de Ziama Mansouriah, et à environ 34 Km au Sud-ouest de la ville de Jijel. Le massif de Dj. Mrada est situé entre le bassin de Beni Zegoual à l'ouest et le bassin du Dj. Brek au Nord-Est.

Sur le plan orographique, la région se caractérise par des reliefs très élevés et des falaises très abruptes et très escarpées dentelées, les altitudes varient de 846 m (Dj. Brek) jusqu'à 2004 m (Dj. Babor). Sur le plan hydrologique, les précipitations varient entre 871.1 et 1304.42 mm.

Le réseau hydrographique est assez dense, les principaux cours d'eau de la région sont représentés par oued Taza, oued Dar-El-oued, et oued Agrioun. Le couvert végétal de la région est très développé, il est représenté essentiellement de chêne liège et de broussaille.

Dans le cas de notre travail, l'étude intéresse les impacts influés sur l'environnement de la carrière de Dj. Merada, cette étude a débuté par un travail de terrain qui a consisté en une description lithologique, réalisation de coupes géologiques ainsi qu'à des prélèvements d'échantillons (sols, Eau et matière végétale).

Au laboratoire, nous avons réalisé plusieurs essais (préparation des échantillons, analyse par la SAA, et par DRX). Les essais ont été réalisés dans différents laboratoires, à savoir :

- Laboratoire de recherche, ABS
- Laboratoire d'analyse par spectrométrie d'absorption atomique, Université de Bejaia.
- Laboratoire d'analyse par diffraction au rayon X (DRX), Université de Bejaia.

Le mémoire est organisé de la manière suivante :

- Introduction générale : Situation géographique et problématique.
- Chapitre I : Cadre physique de la zone d'études.
- Chapitre II : Méthodes et caractérisations.
- Chapitre III : Discussions et résultats.
- Conclusion générale et recommandations.

## CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDES

### Introduction

La région de Jijel fait partie de la zone du Sahel et des zones littorales caractérisée par des conditions climatiques très favorables ou dominant les cultures maraîchères et plus particulièrement par la plasticulture.

Dans ce chapitre on a donné des généralités sur la wilaya, situation administrative, situation naturelle, quelques données sur les granulats, présentation de la zone d'étude et impacts environnementaux.

### I.1. Situation administrative

#### I.1.1. Localisation géographique de la wilaya

La région de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie ; elle est située au Nord-est entre les latitudes 36° 10 et 36° 50 Nord et les longitudes 5° 25 et 6° 30 Est. Le territoire de la wilaya dont la superficie s'élève à 2396 km<sup>2</sup> est bordé:

- Au Nord par la méditerranée;
- Au Sud par la wilaya de Mila;
- Au Sud-est par la wilaya de Constantine;
- Au Sud-ouest par la wilaya de Sétif,

La wilaya de Skikda délimite la partie Est, tandis que celle de Bejaia borde la partie Ouest (Annexe. I).

Administrativement la wilaya compte 28 communes organisées en 11 Daïra. [1]

**Tableau. I.1.**Aspect Administratif. [1]

<b>Dairas</b>	<b>Communes</b>
<b>Jijel</b>	Jijel
<b>Texenna</b>	Texenna- kaous
<b>El-Ancer</b>	El ancer – BouraouiBelhadeF - Kheiri Oued Adjoul – Djemaa Beni H'bib
<b>Chekfa</b>	Chekfa - SidiAbdelaziz – El Kennar- BordjT'har
<b>Ziama Mansouriah</b>	ZiamaMansouriah – Erraguene
<b>Sidi Maarouf</b>	Sidi Marrouf – Ouled Rabah
<b>Djimla</b>	Djimla – Boudriabenyadjis
<b>Sattara</b>	Settara – Ghebala
<b>Taher</b>	Taher- emir Abdelkader -Chahna- OuledAskeur- Oudjana
<b>El-milia</b>	El milia - Ouled Yahia
<b>El-Aouana</b>	El Aouana - Selma Benziada

### **I.1.2. La population**

Durant la période des recensements 1998/2008, la population s'est accrue de **636 948** habitants, soit une densité de 40 hab/km<sup>2</sup>. [2]

La structure de la population de Jijel par sexe laisse apparaître que la population masculine dépasse légèrement la population féminine – respectivement de 51% et 49%. Le taux d'accroissement moyen/an dans la wilaya de Jijel durant la période entre les deux recensements 1998/2008 était de 1,1 % inférieur au taux national qui était de 1,6%.

### **I.1.3. Ressources de la wilaya**

#### **❖ Forêts**

De part son taux de boisement qui est de l'ordre de 48 % (115.000 ha), la wilaya de Jijel est considérée comme forestière par rapport au taux moyen de boisement Nord du pays, qui est de l'ordre de 11%.

Les formations forestières qui vêtent les régions montagneuses, estimées à 82 % de la superficie totale de la wilaya, jouent donc un rôle primordial dans la protection des sols contre les différents types d'érosion et les barrages contre le phénomène d'envasement.

Ces formations naturelles sont très variées et s'adaptent très bien aux conditions climatiques et édaphiques de la région avec une capacité de régénération remarquable et constituent donc un immense domaine propice à la sylviculture et au développement des métiers de la forêt. [3]





**Photo. I.1.**Des Forets à Jijel.

- **La flore : végétaux** : 435 espèces dont 27 sont rares ou protégées par la loi ;

**Champignons supérieurs** : 135 espèces ;

**La faune : mammifères** : 15 espèces dont 11 sont protégées par la loi ;

**Les oiseaux** :

**a. passereaux** : 89 espèces dont 17 sont rares ou protégées par la loi;

**b. rapaces** : 23 espèces toutes protégées par la loi ;

**c. oiseaux d'eau** : 19 espèces dont 07 sont rares ou protégées par la loi;

❖ **Pêche**

La pêche est une activité économique pratiquée depuis toujours par la population locale et a pendant très longtemps constitué la principale source de revenu des autochtones. De l'avis des experts, qui sont entrain de cartographier la biomasse maritime de la région, le poisson présent sur nos cotes meurt de vieillesse du fait de la sous exploitation.

- Longueur de la côte: 120 km

- Superficie maritime: 10166 km<sup>2</sup>
- Biomasse totale: 38 000 Tx/an. [4]

### ❖ **Agriculture**

L'agriculture constitue l'activité économique principale de la Wilaya de Jijel. Ce secteur dénombre plus de 19.443 exploitations agricoles dont 95% relèvent du statut privé. Il est à noter que 83% des exploitations ont une superficie inférieure à 05 Ha.

- Superficie Total de la wilaya (S.T): 239.000 Ha.
- Superficie Agricole Totale (S.A.T): 98 .689 Ha soit 41% SAT.
- Superficie Agricole Utile (S.A.U): 43.589 Ha soit 44% SAT.
- Superficie Irriguée: 5.200 Ha soit 11.90% SAU.
- Superficie des forets:115.000 Ha soit 48% ST dont 43.000 Ha chêne liège soit 37% superficie forestier.

Les terrains agricoles de la wilaya sont répartis de la manière suivante :

- Zones de plaines : 14.173 Ha soit 33 % SAU.
- Zones de montagne et Piémonts : 29.424 Ha soit 67 % SAU. [4]

### ❖ **Industrie**

La Wilaya de Jijel recèle d'énormes ressources naturelles qui ne demandent qu'à être exploitées pour hisser le développement des activités industrielles et artisanales.

Les potentialités importantes de la Wilaya, forestières, halieutiques, agricoles et substances utiles constituent les ressources stratégiques pour son développement et peuvent favoriser l'émergence de petites unités industrielles locales notamment des unités de matériaux de construction, de transformation de liège, d'agroalimentaires, etc...

Les principales substances utiles de la wilaya sont : L'argile, Gypse, Calcaires, GranoDiorites, Grano-Gneiss, grés, quartzitoides, dolomies, pegmatites, Kaolins, Plomb, Zinc, Cuivre. Sables et graviers. [4]

## **I.2. Cadre naturelle**

### **I.2.1.géologie**

La région de Jijel appartient au domaine Nord Atlasique et est caractérisée par un relief essentiellement montagneux et exceptionnellement accidenté, à part quelques plaines

côtières sur le couloir Kaous-Taher-Chekfa. Sa géologie est liée à celle de la Petite Kabylie.

On a un ensemble de terrains sédimentaire d'âges Mésozoïque et Cénozoïque couvrant les terrains métamorphique.

Ces formations tertiaires reposeraient soit sur le socle Kabyle, soit sur les terrains d'âge crétacé ou sur les séries de types flysch.

Des sédiments littoraux couvrent les structures tertiaires individualisées durant le Néogène ; elles constituent le Bassin Néogène de Jijel ou Bassin Sahélien de Jijel

Les plis qui ont touchés la région de Jijel et le nord du massif kabyle sont les plissements anté-crétacés, qui ont produit au nord des principaux massifs les dépôts albiens puis sénoniens, et ensuite les plissements éocènes, qui ont amené l'invasion marine sur la plus grande partie du massif ancien de la région orientale (dépôt des grès de Numidie) de Jijel à Annaba.

Pratiquement, un ensemble de terrains sédimentaires d'âge secondaire et tertiaire, ainsi que des terrains métamorphiques, peut être aperçu dans la région.

On peut individualiser les principaux ensembles structuraux comme suit :

1. Dans les bassins de Ziama-Mansouriah, les massifs carbonatés du mésozoïque, constituants principaux de la partie orientale de la chaîne calcaire sont conservés dans les hauts reliefs.
2. Le Massif Éruptif : connu localement sous le nom du massif de Cavallo, il s'étend des Aftis à l'Ouest jusqu'au village d'El-Aouana à l'Est.  
Au Sud, il est limité par la gouttière reliant les Aftis au col d'El-Aouana. Cette gouttière est comblée par des dépôts marneux à calcaires marneux parfois pélitiques du sénorien ou du miocène.
3. Le Bassin Néogène de Jijel : nettement développé à l'Est de Jijel, il est caractérisé par une morphologie de collines arrondies dont les constituants principaux sont les marnes du Burdigalien (miocène inférieur), localement recouvertes par les dépôts détritiques du pliocène.

4. Le Massif Ancien : dans lequel on distingue des terrains métamorphiques et des terrains primaires peu métamorphisés. Ces affleurements sont connus à l'Ouest de Texenna et dans la région d'El-Milia à El-Ancer.
5. Les Flyschs : d'âge crétacé et tertiaire affleurent à la faveur de l'érosion. Ils sont recouverts à l'Ouest par la chaîne calcaire et à l'Est par le Massif Ancien. Au Nord, ils chevauchent les grès de l'oligocène et le Massif Éruptif.
6. Les Dépressions ou plaines côtières : comblées par des dépôts non consolidés du plio-quadernaire et constituant les plaines côtières dont les plus importantes sont celles de Kissir, Mencha, Djendjen, Nil et El-Kébir. [5]



**Photo. I.2.**La trouée de l'oued Taza dans le massif calcaire.**Photo. I.3.**La chaîne calcaire près de Ziama



**Photo. I.4.**Détail du bassin néo génique de Jijel      **photo. I.5.** bassin sahélien autour du littoral jjelien.

### I.2.2. Relief

La région de Jijel est caractérisée par un relief montagneux très accidenté. Les montagnes occupent 82% de la superficie totale, elles se tiennent jusqu'à 1500 mètres, on distingue principalement deux régions physiques :

**1. Les zones de plaines :** Situées au Nord, le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El Aouana, le bassin de JIJEL, les Vallées de Oued El Kebir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hour.

**2. Les zones de montagnes :** Elles sont composées de deux zones :

**-Zones des montagnes d'altitude moyennes :** Situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

**- Zones de montagnes d'altitude élevée :** Situées à la limite Sud de la Wilaya. Elle comporte les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamesguida (1458m), Bouazza (1547 m) et Seddet (956 m). [5]

### I.2.3. Les pentes

Une carte des pentes de la région de Jijel à l'échelle 1/200000 (fig. I.1), nous permet de quantifier le relief en fonction de l'inclinaison du terrain.

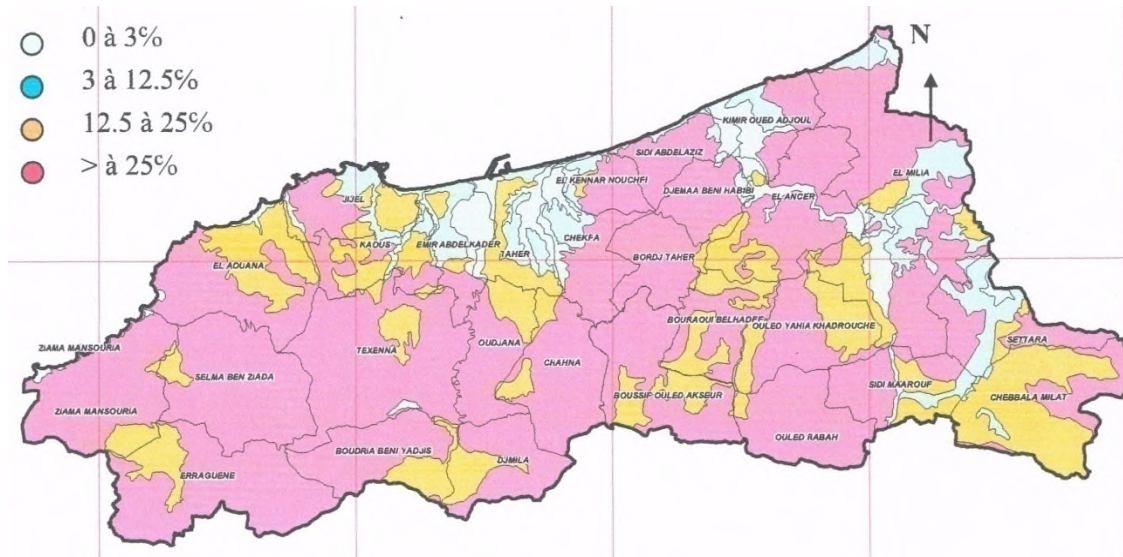
Par catégorie de pente, il ressort pour toute la wilaya les proportions suivantes :

**Tableau. I.2.** Classes de pente dans la région de Jijel. [1]

	Pente	superficies	%
Classe I	0 à 3 %	11000 Ha	4,65%
Classe II	3 à 12,5 %	33,501 Ha	14,16 %
Classe III	12,5 à 25 %	192,055 Ha	26,05 %
Classe IV	> à 25 %	130,541 Ha	55,14 %

Deux massifs aux pentes raides encadrent le territoire de la wilaya, en inscrivant comme repère, nous citerons les communes qui s'y situent:

- À l'Est, les communes de El-Milia, Settara, Ghebala et Sidi Maarouf qui totalisent 25.780 ha de terrain ayant plus de 25% de pente où les formes escarpées sont nombreuses, caractérisant ainsi le relief accidenté.
- À l'Ouest, les communes de Ziama, Erraguene, El-Aouna et Selma qui totalisent 1.327 ha de terrain ayant plus de 25% de pente.



**Figure. I.1.** carte des pentes de la région de Jijel au 1/200 000. [1]

#### I.2.4. Etude hydrologique et hydrogéologique

L'étude hydroclimatique est primordiale dans toute étude géologique, hydrogéologique et même géotechnique. Cette dernière permet l'estimation quantitative des ressources en eau disponibles et une appréciation du régime hydraulique des cours d'eau.

##### I.2.4.1. Climat

Le climat de la wilaya de Jijel est de type méditerranéen, il comporte des étés secs et tempérés et des hivers doux et humides, les températures varient entre 20 et 35°C en été, et 5 à 15°C en Hiver. La saison des pluies dure 6 mois environ et les précipitations sont de l'ordre de 1200 mm/an.

## **I.2.4.2. Hydrographie**

### **I.2.4.2.1. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de la région est très dense. Il est dominé par une direction Sud-Nord et des affluents de directions différentes favorisent l'écoulement des lames d'eau précipitées qui déversent généralement dans la mer.

Les plus importants oueds sont:

-Oued El-Kébir: qui prend naissance de la jonction d'Oued Rhumel et Oued Endja, traverse El-Milia et El-Ancer et se jette à la mer dans la région de Beni-Belaid.

-Oued Djen-Djen qui prend sa source au Babors (Erraguene) est constitué de trois étages bioclimatiques (partie supérieure Erraguene barrage, partie centrale Oued Missa+ Taballout et partie maritime Azzaouane à Taher). [1]

### **I.2.4.2.2. Caractéristiques des bassins versants**

La région de Jijel fait partie des deux bassins versants 03 (côtier constantinois) 10 (El- Kébir-Rhumel).

De point de vue hydrographique, la région d'étude comprend deux zones homogènes; le bassin versant Kébir-Rhumel qui occupe la partie Est et comprend 4 sous bassins versants, et le bassin versant Côtier Constantinois occupant la partie Ouest et comprenant 6 sous bassins versants. [5]

### **I.2.4.2.3. Réservoirs**

Avec une pluviométrie de (800 à 1200 Mm/An), la wilaya de Jijel est considérée parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. Elle reçoit chaque année des apports d'eaux de pluie très importants, qui ruissellent généralement vers les principaux Oueds existants dans la région.

En outre, elle recèle plusieurs nappes phréatiques, dont les plus importantes sont : la nappe d'Oued Nil, la nappe d'Oued El-Kebir, la nappe d'Oued Djen-Djen, la nappe d'Oued kissir, et la nappe d'Oued Mencha.

Les infrastructures de stockage en AEP :

- 21 réservoirs;
- 2 246 forages;
- 06 barrages, avec un apport qui permet d'atteindre 800 millions de m<sup>3</sup>/an;
- Réseau d'assainissement : 747 km de long. [5]



**Photo. I.6 :** Le barrage de Tabellout, sur l'oued Djendjen (Jijel). [5]

### **I.3. Quelques données sur les granulats**

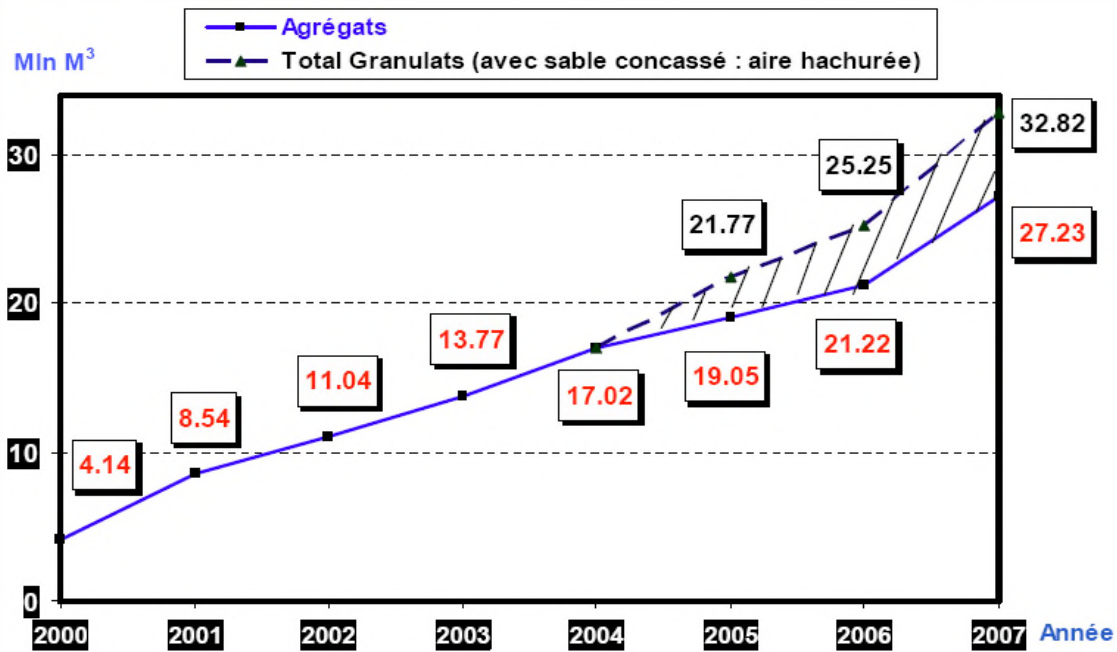
#### **I.3.1. Evolution de la production des granulats en Algérie**

La nouvelle stratégie du Ministère de l'Energie et des Mines en cours d'exécution vise à répondre en premier lieu aux besoins de l'économie nationale en substances minérales notamment celles destinées à la fabrication du ciment et des matériaux de construction, nécessaires à la réalisation des travaux d'infrastructures routières, hydrauliques, ferroviaires, portuaires, aéroportuaires, de construction.

Les résultats importants obtenus par la mise en œuvre de cette politique minière pour répondre aux différents besoins de l'économie nationale et notamment ceux liés aux programmes de développement importants (2005/2009 et 2010/2014), de son Excellence le Président de la République, en substances minérales destinées à la fabrication des matériaux de construction qui ont connu une croissance rapide et conséquente durant l'année 2007 par rapport à 2006, à l'exemple des granulats +28 %, du sable naturel destiné à la construction +19%, des calcaires pour ciment + 15%.

Depuis l'année 2000 la production nationale des granulats est en hausse constante. Elle a été multipliée par 6.5 environ passant de 4.14 Mln M<sup>3</sup> produits en 2000 à 27.23 Mln M<sup>3</sup> pour l'année 2007, correspondant à une augmentation de + 657.73 %. (Fig. I.2)[6]





**Figure. I.2 :** Production des agrégats : période 2000 – 2007. [6]

Cette hausse de production a été réalisée grâce notamment à :

- l'introduction du deuxième poste (2x8) dans certaines wilayas,
- l'entrée en production de nouvelles exploitations octroyées par l'ANPM,
- aux nouveaux investissements dans l'augmentation de la production notamment par les entreprises publiques,
- l'amélioration des approvisionnements en explosifs des carrières, par l'ONEX.

### I.3.2. Production des granulats dans la wilaya de Jijel

Les granulats dans la wilaya de Jijel proviennent essentiellement de deux sources :

#### ➤ Granulats produits localement

D'après les données de la Direction des Mines et des Industries de la wilaya de Jijel on comptait, en 2010, quatre (04) gisements de production d'agrégats en activité dans la wilaya de Jijel.

- Carrière produisant des granulats issus de roches sédimentaires : carrière Bouzekri et Meziani (Sidi Marouf),

- Carrières produisant des granulats issus de roches métamorphiques : carrière Boughaba, carrière El Wafa et carrière NOSTRAP (Chekfa),
- Deux carrières produisant des granulats issus de roches magmatiques : carrière Bouzekri Rabah et carrière Bouzekri Kamel (El Milia).
- Carrière de production de granulats issus de roche sédimentaire : EURL Torchi Ziama Mansouriah. [7]

#### ➤ **Granulats issus des wilayas limitrophes**

Les granulats utilisés dans la Wilaya de Jijel sont issus essentiellement des carrières situées dans les wilaya limitrophes (Mila, Constantine, Bejaia et Sétif). Néanmoins en note que plus de 80 % des granulats sont issus seul de la wilaya de Mila. [7]

#### **I.3.2.1. Evolution de la production des granulats dans la wilaya de Jijel**

La wilaya de Jijel a connu dans les dernières années la réalisation de différents ouvrages tels que les ponts routiers, les équipements publics (université, logements.etc), ports de pêche, dédoublement de la RN 43, barrages (Kissir, Bousiaba) qui ont consommé des quantités considérables de granulats.

Cela est bien remarquable sur le diagramme statistique, appréciant la production des granulats au niveau des carrières de la wilaya de Jijel par rapport aux besoins exprimés par les différents secteurs. La figure. I.2 montre que les besoins en granulats n'ont cessé d'augmenter depuis 1998, en revanche la production reste en deçà des besoins exprimés, son rythme n'est pas soutenu, la figure. I.3 montre bien les fluctuations de la période 1998-2005.

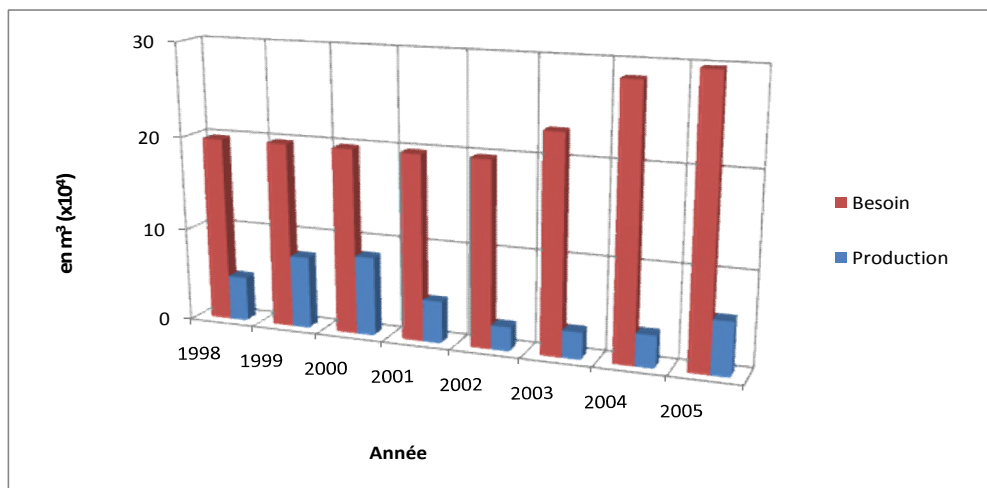
En effet, la production au niveau de la wilaya de Jijel de 1998 à 2005, a augmenté progressivement jusqu'à atteindre sa valeur maximale de 84890 m<sup>3</sup> en 2000. Cette production ne répondait qu'à 42,44% des besoins exprimés durant cette année.

L'activité des carrières a connu une année difficile en 2002 où la production a diminué considérablement (ne couvrant que 9,73% des besoins), cette diminution est vraisemblablement due à l'arrêt de l'exploitation au niveau des deux carrières : Sidi-Marouf (2001,2002) et Chekfa (2002).

Entre 2002 et 2005, la production annuelle a augmenté progressivement pour passer de 25980 m<sup>3</sup> en 2002, à 56987m<sup>3</sup> en 2005. Cette production qui se situe au niveau de l'année 1998 ne répondait qu'à la hauteur de 19 % des besoins du marché local. Cette augmentation est liée à la remise en activité des deux carrières évoquées précédemment (Sidi Marouf et Chekfa).

En définitive, on constate que l'évolution de l'activité extractive des granulats dans la wilaya de Jijel entre 1998 et 2005 est caractérisée par :

- Un déficit de l'offre par rapport à la demande.
- Plus de 80% des granulats consommés proviennent des wilayas voisines notamment de la wilaya de Mila,
- Le nombre de carrières exploitées durant cette période a connu des perturbations,
- Une chute de production de 33% en 2002. [8]

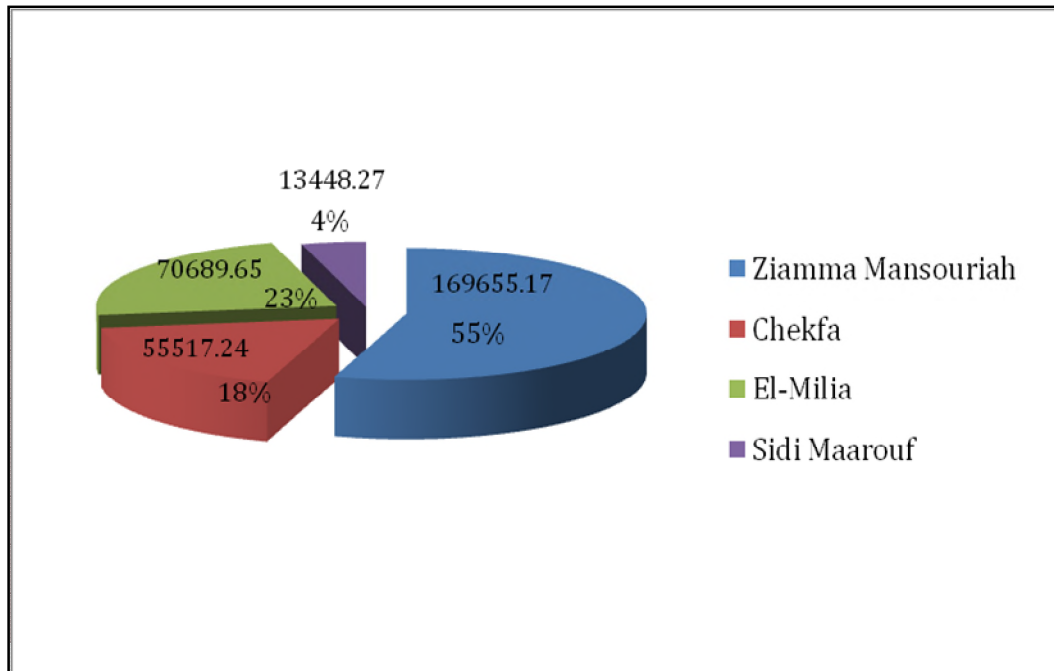


**Figure. I.3.** Production des granulats au niveau de la wilaya de Jijel par rapport aux besoins exprimés par les différents secteurs. [8]

### I.3.2.2. Production au niveau de la carrière de Dj. Mrada Ziamma Mansouriah

La carrière de Dj. Mrada Ziamma Mansouriah, a débutée en production au début de l'année 2007, exploitée par l'entreprise EURL Torchi. L'évaluation de la production au niveau de cette carrière entre 2007/2008, selon les données fragmentaires fournies par la DMI, montre que durant cette période, la production a été perturbée.

En 2009, on enregistre la plus importante quantité produite, estimée à 169655.17m<sup>3</sup>, et qui représente 55 % de la production totale des granulats à l'échelle locale (Fig.I.4). Cela nous amène à constater que la contribution de la carrière de Ziamma Mansouriah à l'alimentation de la wilaya en granulats est très importante. [7]



**Figure. I.4.** Pourcentage respectifs de production de granulats de différentes carrières de la wilaya de Jijel en 2009 (en m<sup>3</sup>/an). [7]

#### I.4. Présentation de la zone d'étude

Le gisement de Djebel Merada exploité par l'Entreprise Méditerranéenne des travaux publics "EURL EMTP TORCHI" depuis l'année 2008 est entrée dans sa phase nominale et c'est ce qui a permis de mettre à jour des nouvelles données sur les réserves géologiques exploitables.

Le secteur d'étude est situé dans la partie ouest de la chaîne littorale, s'étendant du cap Cavallo jusqu'à Skikda. Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'est par la wilaya de Skikda, à l'ouest par la wilaya de Bejaia et au sud par les wilayat de Mila et de Sétif.

La carrière de calcaire de Djebel Merada se trouve à environ 3 km au sud de chef lieu de la commune de Ziamma Mansouriah.

De point de vu administratif le gisement est rattaché à la wilaya de jijel, daïra et commune de Ziama Mensouriah et dans le lieu dit Djebel Merada. [10]

**Tableau I.3.** Les coordonnées UTM-F31 du gisement.

Coordonnées UTM fuseau 31					
Point	X	Y	point	X	Y
1	721 400	4058600	3	721 000	4 059 100
2	721 400	4059100	4	721 000	4 058 600

La superficie du périmètre d'exploitation est de 20 hectares.

L'accès au gisement peut se faire en empruntant des pistes à partir de la route nationale N°43.

#### **I.4.1. Description du site et de son environnement**

##### **I.4.1.1. Morphologie et climat**

La région de Jijel possède un climat méditerranéen, aux hivers doux et humides et aux étés chauds et secs.

La période estivale (juin/mi-août) est marquée par des températures ambiantes allant de +35 0 +37° C à l'ombre.

L'hiver pluvieux en décembre et janvier est caractérisé par températures variant de +5° à +10° C.

Le territoire de la wilaya est presque totalement recouvert par la broussaille, le forêt de chêne, liège et des oliviers ou le degré d'affleurement des roches est très minime. [10]

##### **I.4.1.2. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de la région est représenté essentiellement par l'oued faza, Kissir, el Menchia, el Djedjen, Nil el Kebir, Oued Z'hour.

En période pluvieuse ces affluents se transforment en torrents impétueux. En été, ils tarissent et deviennent de simples petits ruisseaux.

A l'échelle du gisement le réseau hydrographique est représenté par des cours d'eau à caractère temporaire qui coulent pendant l'hiver et sèchent en été. [10]

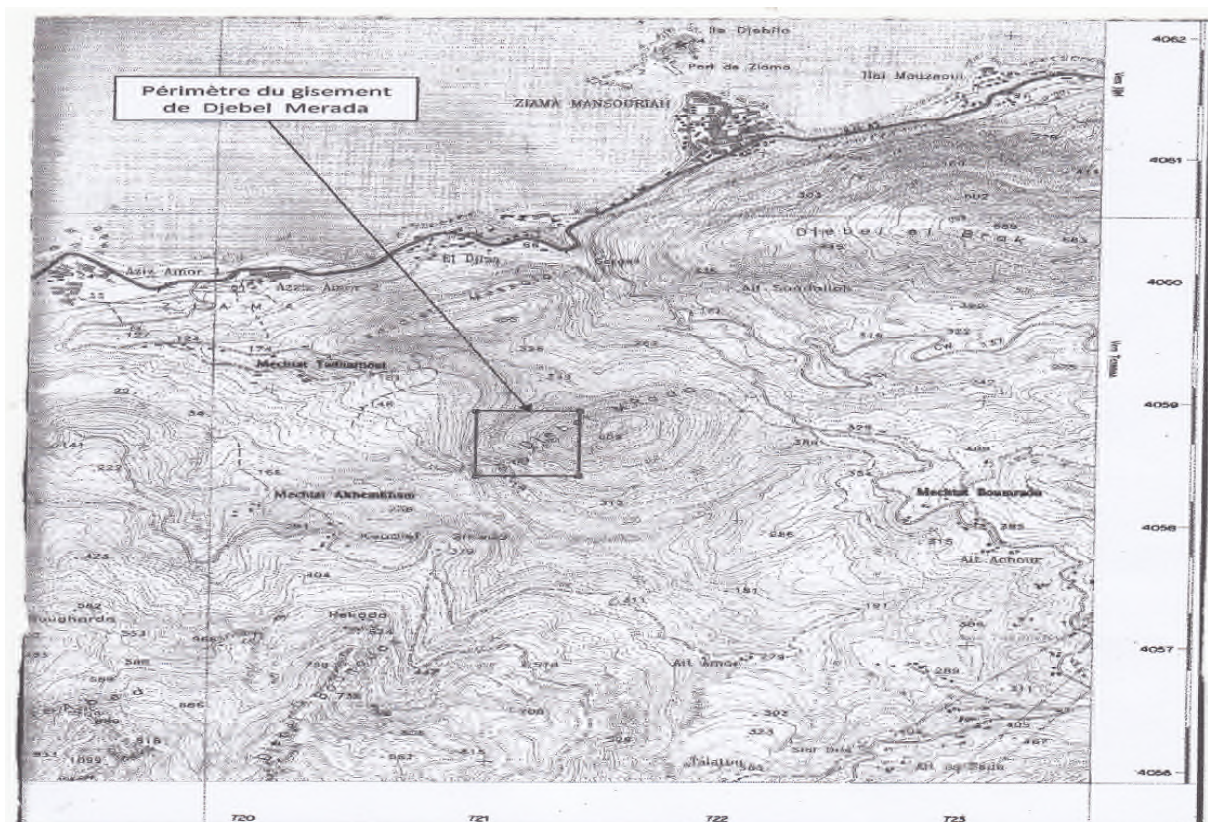
#### I.4.1.3. Hydrogéologie

Dans les limites du gisement, aucune source d'eau ne peut être affectée par les travaux d'exploitation.

En ce qui concerne les nappes aquifères aucune manifestation hydrogéologique n'a été décelée. [10]

#### I.4.1.4. Topographie

Le gisement englobe une colline culminant à 610m, les cotes absolues dans les limites du gisement varient de 300 à 617 m.



**Figure. I.5.** Localisation Topographique du gisement de Jebel Merada.

Echelle 1/20.000<sup>ème</sup>. [10]

#### **I.4.1.5. Géologie de la Carrière de Merada**

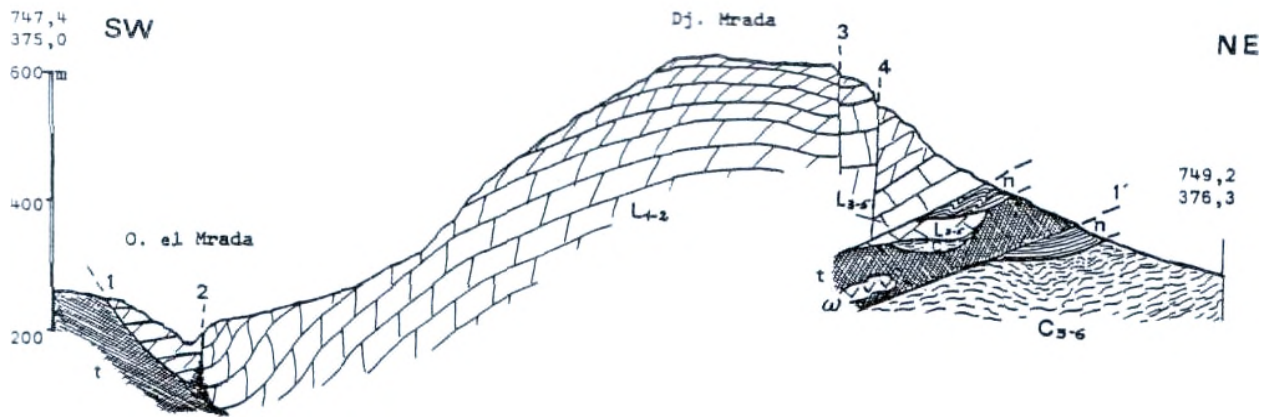
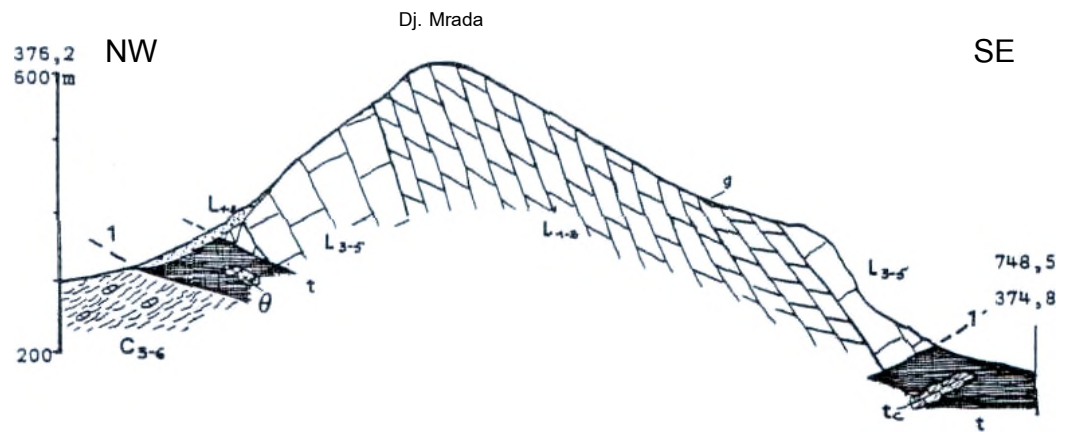
Le massif du Djebel Mrada domine la sortie sud de la cluse du Brek, son accès en est défendu par d'épais buissons d'épineux qui laissent néanmoins affleurer, çà et là, au pied des escarpements calcaréo-dolomitiques, les marnes gypseuses du mélange triasique, celle-ci semble supporter la masse du Djebel qui constituerait donc une klippe de terrains liasiques.

Deux coupes orthogonales (d'après l'Annexe. II), nous en donneront une image suffisante :

La coupe « b » de la figure (I.6) est la plus significative en mettant en évidence un anticlinal à cœur dolomitique (Photo I.7 et I.8) déversé vers le NW.

La coupe « a » fait apparaître les failles NW-SE qui tranchent l'extrémité orientale de la masse liasique. Le miroir de la faille 4 a été dégagé par le séisme de mars 1968 qui provoqua la chute de la partie élevée du compartiment NE.

Les marnes qui supportent les deux klippes (Mrada et Draa Haimran) affleurent largement entre celles-ci (Photo I.9). Très froissées, elles sont légèrement schistosées au voisinage de la base des klippes. Les parties schistosées se débitent en frites dont le grandaxe plonge à 20° vers N25°. [9]

**Coupe a****Coupe b****Figure. I.6.** Coupe géologique au niveau de Merada.[9]**Légende**

1- 1'- Contact de base du massif.

t.- Mélange triasique riche en blocs d'origines diverses.

L<sub>1,2</sub>- Dolomie saccharoïde, grise, lilacée. Dolosparite granulaire à pigment ferrugineux.

L<sub>3-5</sub>- Calcaire gris pâle à structure fenestrée, pâte micritique à quartz automorphes.

**Coupe a**

t.- Le mélange triasique méridional

n.- Schistes éocrétacéssilicifiés et ferrugineux, riches en débris quartzeux, schisteux.

L<sub>3-5</sub>- Bloc de calcaire massif gris pâle.

c.- Marnes à boules jaunes, partiellement décalcifiées.



ω.- Roche cristalline très altérée à biotite et un peu de muscovite.

C<sub>3-6</sub>.- Marnes gris clair, contiennent des blocs de calcaires à Orbitolines.

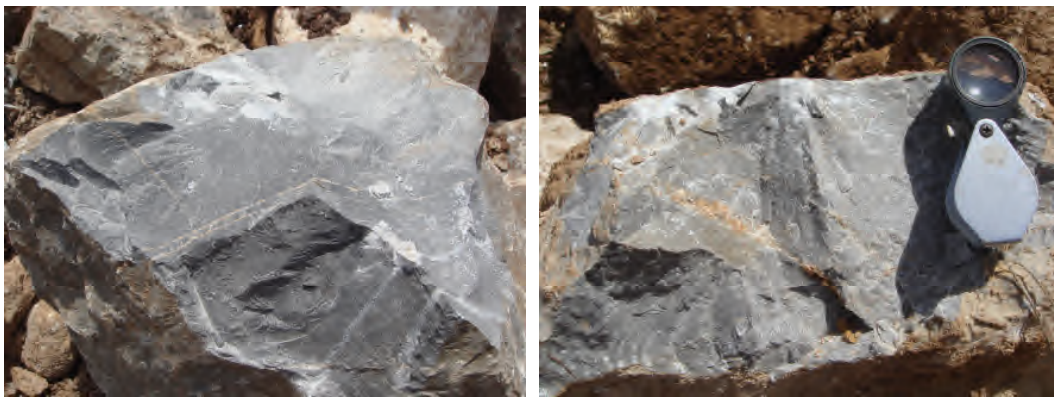
### **Coupe b**

C<sub>3-6</sub>.- Marnes à boules jaunes séparant le Dj. Mrada du Dj. Massaïa.

t.-θ.- Gabbro à clinopyroxènes, olivine à laquelle s'associent de petites amphiboles brunes.

tc.- Calcaire dolomitique gris, cargneulisé ou jaune, sableux ponctué de noir, quartz automorphes.

g.- Plaqué sur les dolomies : grès lilacé, quartzo-micacé à phyllites blanches, et tourmaline.



**Photos I.7 et I.8.** Calcaire Dolomitique gris à fente remplie de calcite, constitue le cœur de l'anticlinal de Dj. Merada.



**Photo I.9.** Marnes gris clair légèrement schistosées se débitent en frites affleurent largement au pied du Dj. Merada.

## **I.4.2. Diagnostic des installations de l'établissement**

### **I.4.2.1. Description du processus de fabrication**

La carrière présente un relief qui permet l'installation des différents équipements matériels.

#### **A. organisation des ateliers de l'établissement**

Les ateliers de la carrière sont les suivants:

- La station de concassage.
- Les équipements.
- Bloc administratif.
- Une base de vie.
- Pont bascule.

#### **A.1. La station de concassage**

La carrière dispose de deux stations de concassage : l'une est fixe de marque KRAPHAZMAG de capacité 230 t/h et l'autre est mobile de marque LOCOTRAKK 1213S de capacité 230 t/h.

#### **A.2. Les équipements**

##### **Au niveau de l'abattage**

- Chariot de forage marque FURUKAWA ;
- Pelle brise roche de marque KOMATSU , type PC450 ;
- Brise roche de marque INGERSOL RAND .

##### **Au niveau du chargement**

- Chargeur sur pneu de marque FURUKAWA , capacité 3 m<sup>3</sup> ;
- Chargeur sur pneu KAWAZAKI , capacité 3.5 m<sup>3</sup> ;
- Bulldozer de marque KOMATSU , type D115A ;

- Deux pelles hydrauliques KOMATSU , type PC450 ;
- Pelle hydraulique LIEBHERR 934 ;
- Neuf (09) camions à benne de carrièreKOMATSU , type CAMC .

### **Au niveau du roulage**

- 01 Camionnette TOYOTA, type LN145DSTRM ;
- 01 Véhicule tout terrain MAZDA ;
- 02 Véhicule léger HYUNDAI, type H100.

### **A.3. Installation annexe**

- Cabine transfo sur skid 630 KVA ;
- Groupe électrogène DENYO (Moteur KOMATSU) 450 KVA/700 AMP ;

### **A.4. Bloc administratif, ébergement et restauration**

### **A.5. Atelier de maintenance**

La société doit prévoir et mettre en place un hangar pour la vidange et la maintenance des engins de la carrière.

### **A.6. Bloc de commercialisation et pont bascule**

### **A.7. Les équipements sociaux**

La carrière dispose de vestiaires, des douches et sanitaire, une boîte à pharmacie, une véhicule utilitaire, des extincteurs, éclairage externe et interne , une alarme de sécurité des tenues de travail présentés par : des gants de travail , casque, masque masque anti bruit , ceinture et chaussures de sécurités....etc.[12]

## **B. Diagnostique des entrées**

### **B.1. Bilan quantitatif et qualitatif des entrées**

#### **B.1.1. Electricité**

L'unité est alimentée d'une ligne aérienne du réseau SONALGAZ et dispose d'une transformatrice cabine de puissance égale à 630 KVA avec leur système de protection et armoires de distribution.

L'unité est dotée aussi d'un groupe électrogène de secours de marque DENYO (Moteur KOMATSU) de puissance égale à 450 KVA/700 AMP densité essentiellement pour l'éclairage et les besoins de la base de vie.

#### **B.1.2. Eau**

L'alimentation en eau se fait à partir des approvisionnements par le biais d'un tracteur-citerne que alimente les citernes d'eau fixes au niveau de la carrière, celle-ci sont acheminées par une conduite vers les lieux d'utilisation pour des besoins domestiques et d'exploitation (le bloc administratif et la station de concassage et l'arrosage).

#### **B.1.3. Carburants**

Le gasoil est utilisé principalement pour le parc roulant de la carrière à savoir les camions, les engins et les véhicules de service.

L'approvisionnement en gasoil se fait par des futs de 200 litres transporté par des camions.

Le stockage des carburants est assuré par une citerne de 200 000 litres fixée dans un endroit aménagé a cet effet. Celle-ci est utilisée pour alimenter les besoins de la carrière en carburants.La consommation par semaine de 20 000 litres.

#### **B.1.4. Les huiles et graisses**

Elles sont utilisées par le parc roulant et la station de concassage. Son approvisionnement se fait par des futs de 200 litres transportés par des camions.

La consommation des huiles est de l'ordre de 500 litres/mois, et pour la graisse elle est de l'ordre de 200 kg/mois.

### **B.1.5. L'explosif**

Les explosifs sont utilisés pour détacher les gros blocs de pierre, elles sont utilisés des leurs arrivées sur site, et cela pour l'abattage de la roche, la quantité restante de l'opération est éliminé sur site en respectant les précautions édictées par la réglementation en vigueur.

L'entreprise reçoit par le service de l'ONEX une moyenne de 6 000 kg/mois d'explosif, à raison de deux tirs par mois. [11]

### **I.4.3. Processus de production des granulats**

L'exploitation des granulats s'effectue à flanc de coteau (surélévation) ou en puits, en fonction de la position du niveau géologique utile. On peut ainsi extraire et fabriquer des granulats de roches éruptives, des roches métamorphiques et des roches sédimentaires consolidées (calcaires...).

La production des granulats nécessite deux principaux types d'opérations : l'extraction et le traitement.

- **L'extraction** s'effectue dans les carrières qui utilisent des techniques différentes selon qu'il s'agit de roches massives ou de granulats alluvionnaires meubles, soit à sec, soit en milieu hydraulique.
- **Le traitement** est réalisé dans des installations de traitement généralement situées sur le site de la carrière, parfois les installations peuvent se situer à un endroit différent du site d'extraction.

Dans tous les cas on retrouve les cinq mêmes principales étapes de production :

- décapage et découverte des niveaux non exploitables,
- extraction des matériaux,
- transfert vers les lieux de traitement,
- traitement des granulats pour obtenir les produits finis,
- remise en état du site exploité.

#### **I.4.3.1. Le décapage (découverte)**

Après les études préliminaires de reconnaissance du site à exploiter, le dégagement du massif de son voisinage géologique, et la mise à nu de sa surface nécessitent des travaux préparatoires pour découvrir la roche à exploiter.

La roche saine d'un site d'extraction n'est accessible qu'après décapage de la couche de terre végétale et de la roche altérée dont l'épaisseur variable peut atteindre une dizaine de mètres.

Pour éliminer cette découverte, on a essentiellement deux phases :

- ❖ **Décapage** : découvrir, c'est retirer les terrains situés au-dessus des niveaux à exploiter tels que la terre végétale, les roches plus ou moins altérées, les niveaux stériles (Photo I.10), et les stockés pour une réutilisation ultérieure (réhabilitation du site ou réaménagement partiel).
- ❖ **Extraction** des roches altérées éventuellement fragmentées à l'explosif, qui sont intégrées dans les réaménagements du site, ou stockées en terrils, ou commercialisées si débouchés (remblais, couches de fondation).

Dans le cas du massif du Djebel Merada, l'épaisseur de la découverte est estimée à 2 m de puissance.



**Photo I.10.** Travaux de décapage de la terre végétale et de la partie stérile du gisement de la carrière de Djebel Merada.

#### **I.4.3.2. Extraction des roches massives**

Dans le type de gisement compact de Djebel Mrada, l'extraction des roches massives nécessite l'emploi des explosifs.

Les tirs de mines provoquent l'abattage d'une grande quantité de matériaux éclatés.

Les éclats de roche (éléments généralement de plusieurs décimètres) sont ensuite chargés et transportés au centre du traitement, les blocs de hors gabarit sont soumis à une opération de débitage secondaire (par brise roche).

Pour réaliser cette extraction, trois opérations sont indispensables :

- ✓ **Implantation des trous de foration** : selon le profil du front de taille, les trous à forer sont positionnés en 3D après un relevé précis pour optimiser le positionnement des charges explosives.
- ✓ **Foration**: c'est la réalisation des trous suivant les paramètres définis en foration et dans un diamètre choisi en fonction des volumes à abattre et de la blocométrie voulue, qui est réalisé avec un chariot de forage approprié, Photo (I.11).
- ✓ **Tir** : après chargement des explosifs par déversement dans les forages, et amorçage méthodique défini dans un plan de tir étudié, le tir permet de réduire la roche en fragments. Il est exécuté de façon à limiter les nuisances (vibrations) aux abords de l'exploitation, Photo (I.12).

Procéder à un tir nécessite un plan de tir comprenant :

- le forage de trous (leur disposition, leur nombre),
- le choix des explosifs,
- le déclenchement du tir.



**Photo I.11 et I.12.** Photo à droite présente un chariot de forage et la photo à gauche illustre l'effet d'un tir de mine.

**◆ Remarque**

Le tir de mines répond à des règles précises et ne peut être confié qu'à des professionnels habilités.

Dans la carrière du massif du Dj.Merada, l'abattage se fait selon un maillage serré dont :

- La distance entre les trous de forage : 3 m
- Le diamètre du trou : 89 mm
- La profondeur du trou varie de 9 à 12 m suivant la hauteur de la banquette

Un tir de mine peut abattre jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de tonnes de roche en une seule opération.

**I.4.3.3. Le transfert vers les lieux de traitement**

Les matériaux extraits sont transportés vers le centre de traitement situé en général à proximité de la carrière, il s'effectue soit en continu, soit en discontinu.

◆ **en continu** : par des transporteurs à bandes sur pontons flottants ou à terre. Ils sont amovibles et le carrier adapte leur implantation en fonction du déplacement du front de taille. Les bandes transporteuses sont alimentées par des trémies dans lesquelles sont déversés les matériaux au fur et à mesure de l'extraction. C'est la méthode utilisée habituellement dans les carrières de granulats alluvionnaires.

◆ **en discontinu** : les matériaux sont alors acheminés par des camions (ou dumpers). C'est la solution utilisée habituellement dans les carrières de roches massives, les tirs de mines empêchant l'implantation d'installation à proximité des fronts de taille. Par ailleurs, les blocs issus des tirs de mines sont généralement encore trop gros pour passer sur des bandes transporteuses.

Dans le cas de carrière du massif du Djebel Merada, le chargement se fait par une pelle mécanique sur chenille, et le transfert des matériaux vers les installations de traitement se fait par les camions, Photo (I.13).





**Photo I.13.** Photo illustrant le chargement et le transport des enrochements vers les stations de traitement.

#### **I.4.3.4. Le traitement des granulats**

Le traitement est réalisé dans des installations automatisées généralement situées sur le site de la carrière.

Les opérations de traitement ont pour but d'obtenir, à partir des matériaux d'origine, alluvionnaires ou massifs, toute une gamme très variée de granulats pour répondre aux demandes et spécificités des chantiers. Les principales opérations sont le **concassage**, le **criblage**, le **lavage** et le **stockage**.

Dans notre site, il existe deux stations de traitement :

- Une station fixe qui est conçue pour la fabrication des fractions granulaires suivantes : Gravier 15/25, gravier 8/15, gravier 3/8, sable 0/3, elle présente une capacité de production de 240 t/h, Photo (I.15).
- Une station mobile : pour la fabrication de la Grave Non Traité (GNT 0/20), Photo (I.14).



**Photos I.14 et I.15.** Illustrant les stations de traitements utilisées dans la carrière D'EURL TORCHI Ziamma Mensouriah.

#### **I.4.3.4.1. Le concassage et le broyage**

Les différentes phases de concassage et le broyage s'effectuent dans des concasseurs qui permettent de réduire la taille des éclats de roches. Elles s'effectuent suivant plusieurs phases distinctes dans des concasseurs de structures différentes. Il existe différents types de concasseurs :

- concasseurs à mâchoires ou le primaire (c'est le plus utilisable)
- concasseurs à percussion
- concasseurs à projection centrifuge
- concasseurs giratoires (broyeurs à cônes)

Les différentes opérations de concassage sont séparées par des étapes de criblage. Le choix de concasseurs dépend :

- de la grosseur des blocs à admettre (ouverture et sortie de la machine),
- du débit souhaité,
- de la nature des roches à exploiter (dureté, abrasivité...).

Dans le cas de carrière du massif du Djebel Mrada, les concasseurs utilisés sont le concasseur à mâchoires, et le concasseur à percussion, Photo (I.16) et (I.17), l'ouverture et la sortie de la machine successive comme suite 1m, 0/200 mm.

On distingue trois grandes étapes dans le concassage :

**Le pré-concassage primaire** qui réduit les plus gros galets en matériaux dont l'utilisation est nul et qui sont réinjectés dans la chaîne de traitement,

**Le concassage secondaire** dont le produit n'est pas encore utilisable hormis pour le ballast des chemins de fer,

**Le broyage tertiaire** qui donne des granulats durs et abrasifs (gravillons, sables...). Ici, le broyage s'effectue en milieu dense et homogène (les matériaux s'écrasent entre eux pour être plus abrasifs).

Entre chaque étape, un criblage et un lavage (éventuel) peuvent être faits.



**Photo I.16 et I.17.**Photos illustrant le broyeur à percussion à gauche et le broyeur à mâchoire à droite utilisés dans le concassage des enrochements.

#### **I.4.3.4.2. Le criblage**

Les opérations de criblage ou de tamisage permettent de sélectionner les grains, le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à une certaine taille.

On peut ainsi, par une succession de criblage, trier les grains et obtenir des granulats de tous les calibres possibles :

- soit correspondant à une dimension précise (granulométrie), exemple: sable de 3mm.
- soit en entrant dans une fourchette définie, exemple :  $10 \text{ mm} < \text{granulats} < 20 \text{ mm}$   
le procédé est le suivant : on dépose des granulats sur des surfaces perforées (cribles) qui laissent passer tout ce qui est inférieur au diamètre des perforations.

Ces opérations de criblages ou tamisage permettent une sélection des grains. Par une succession de criblages, on peut trier des grains et obtenir des granulats de tous calibres possibles, cette opération s'appelle une granulométrie, (Fig. I.8).

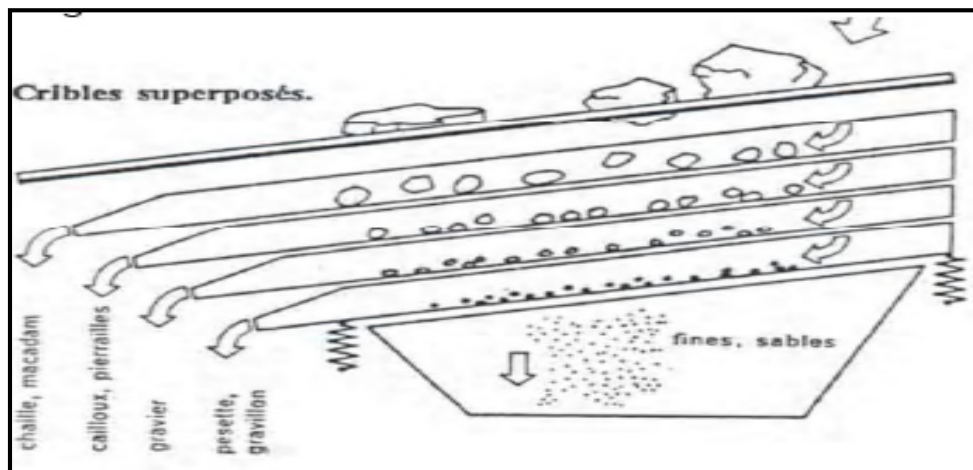
Lors de ces criblages, des problèmes peuvent survenir :

- ✓ **Le goujonage:** c'est l'obstruction des mailles par un élément légèrement plus gros que celles-ci,
- ✓ **Le colmatage:** ce sont des amas de poussières et de terre humide qui bouchent les mailles

L'étêtage, très employé dans les gisements alluvionnaires consiste en l'élimination des éléments les plus gros (diamètre > 20 cm).

Pour éviter ces problèmes, on effectue l'arrosage et donc le lavage des granulats ou au contraire leur séchage. Les grilles formant les cribles sont vibrants (800 à 2000 tours/min). La garniture est la surface du crible formée par les mailles. Elle est choisie différemment selon l'utilisation (dureté, humidité,...). Les mailles s'usent de manière très irrégulière selon leurs différentes formes. Pour choisir un appareil de criblage, on doit étudier certains paramètres :

- La nature du matériau (pour l'usure),
- La forme du matériau,
- Le taux d'humidité des granulats.



**Figure. I.8.** Principe de cribles superposés utilisés dans le cas de la carrière de Ziamma Mensouriah.

#### **I.4.3.4.3. Le lavage**

Les granulats extraits sont recouverts de fines, et d'argiles. Avant de les utiliser ils doivent être soigneusement nettoyés, laver ou dépoussiérer pour obtenir des granulats propres et de qualité.

L'exploitation des granulats provoque parfois un dégagement de poussière, celle-ci est particulièrement présente :

- à l'entrée et à la sortie des transporteurs, des concasseurs et des cribleurs,
- lors du chargement et du stockage des granulats,
- lors des tirs explosifs pour l'extraction des roches massives.

La propreté des granulats est une nécessité industrielle. La présence de boues, argiles ou de poussières mélangées aux matériaux ou enrobant les grains, empêche leur adhérence avec les liants (ciments, chaux, laitier ou bitume), ce qui interdit alors leur utilisation.

La consommation d'eau pour le lavage est d'environ 250 m<sup>3</sup> / heure. Dans tous les cas, les eaux de lavage sont ensuite décantées dans des bassins spéciaux, de façon à être recyclées dans l'installation. Les opérations de criblage et de lavage sont souvent réalisées conjointement, une rampe de jets d'eau étant disposée au-dessus du crible.

Mais, la poussière étant formée de fines particules très volatiles, peut d'une certaine manière dégrader l'environnement. En effet, elle peut engendrer une pollution atmosphérique et aussi constituer une gêne pour les travailleurs. Par conséquent, le dépoussiérage est un procédé très utile consistant à atténuer les nuisances apportées par la poussière.

Pour réduire cette émission des particules il faut mettre des dispositifs d'arrosage ou bien des appareils permettent le captage de la poussière par aspiration. Ces systèmes doivent s'installé aux endroits où il y a diffusion de poussière.

Le procédé de lavage n'est pas utilisé pour le cas de la carrière de Djebel Merada Ziama Mensouriah.

#### **I.4.3.4.4. Stockage et livraison**

En fin de traitement, on obtient des produits de qualité répondant à des critères bien précis :

- nature des granulats : calcaire, silice, éruptif,...dépendant du gisement,
- caractéristiques physico-chimiques,
- forme des grains : anguleux, arrondis,
- granulométrie précise ou fourchette granulométrique.

L'exploitant peut être amené à réaliser des mélanges avec des proportions précises pour chaque composant, ceci en vue d'utilisations bien particulières.

Une fois réduits, traités et classés, les granulats sont acheminés vers les aires de stockage, soit sous forme de tas individualisés, soit en trémies ou silos, Ces produits peuvent être retravaillés sur place dans le cas de l'utilisation d'une centrale à béton.

Le stockage au niveau de carrière de Djebel Mrada, se fait à l'air libre au niveau des aires de stockage aménagés.

#### **Le contrôle de la qualité :**

Tout au long du processus de fabrication, le carrier procède avec son laboratoire à des opérations régulières de contrôle de la qualité portant sur la chaîne de production et sur la conformité du produit fini (granulométrie, forme, dureté, propreté, respect des normes...). Néanmoins au niveau de la carrière d'EURL TorchiZiammaMensouriah on déplore la non existence d'un laboratoire d'auto contrôle indispensable au contrôle de conformité de la production.

#### **III.4.3.4.5. Chargement et transport**

Différents moyens de transport (trains, camions...) permettent ensuite de livrer à la clientèle les produits finis. Ils peuvent être également travaillés sur place dans le cas de l'installation d'une centrale à béton ou d'une centrale d'enrobage au bitume, sur le site même de la carrière.

#### **I.4.3.5. Aménagement après Exploitation**

Quand le site d'extraction est épuisé, la carrière ne doit pas être laissée à l'abandon.

Elle doit être réaménagée afin d'éviter les possibles nuisances qui pourraient avoir un impact sur l'environnement et engendrer des modifications de paysage. Selon le type de carrière et l'environnement du site, on peut envisager diverses solutions de réaménagement (base de loisirs, zone de culture, reboisement...). L'entente est obligatoire pour pouvoir gérer le "patrimoine carrière".

#### I.4.3.6. Principales possibilités d'aménagement des carrières

Il existe plusieurs types de réaménagement des carrières selon leurs environnements, soit des carrières implantées dans des sites aquatiques (carrières en eau), soit à ciel ouvert (carrière à sec). Les principales possibilités de réaménagement de carrières à sec sont récapitulées dans le tableau.I.4 ci-dessous.

#### I.4.3.7. Les procède de fabrication en opérations élémentaires

D'où l'extraction déjà réalisée et les produits obtenus rentrent dans le cadre des essais du matériel.

l'exploitation du gisement se fait selon la méthode classique à ciel ouvert, dans le cas de cette carrière l'exploitation ce fait par niveaux de 12 m de hauteur.

Les travaux actuellement sont concentrés dans la partie centrale du gisement on constate :

- l'ouverture de plusieurs pistes qui mènent du pied au sommet du gisement dans la partie sud ;
- la présence d'un gradin de 12m de hauteur sur le sommet.

#### ❖ Carrière à sec

**Tableau. I.4.** Principales possibilités d'aménagement des carrières à sec.

Types		Critères	Possibilités
En fosse		Urbain	Remblayage Zone d'habitation
		Rural	Reboisement Reverdiement
A flanc de relief	Parois meubles	<b>Tous environnements</b>	<b>Mise en végétation</b>
	Parois rocheuses	Vues éloignées ou rapprochées	Traitement de la paroi ou talus végétalisé
		Urbain	Terrains de sport ou parc de verdure
	Fond de Carrière	Rural	Réserve naturelle ou remise en végétation

## **I.5. Impact environnementaux**

### **I.5.1. Effluents liquides**

#### **a) Huile et vidange**

Les huiles et les graisses usées sont stockées dans des futs en attendant leurs évacuations par une entreprise spécialisée vers les stations de recyclages.

Les futs sont arrangés à l'air libre dans un endroit particulier de la carrière.

La vidange des engins est effectuée à l'air libre dans un droit approprié (fosse non bétonnée).

#### **B) Eau**

Les eaux usées proviennent exclusivement du personnel par l'intermédiaire des sanitaires, des douches et lavabos peuvent présenter un risque de pollution sanitaire si aucun traitement n'est mis en place. Pour cela il est prévu l'utilisation d'une fosse sceptique, régulièrement vidangée par une entreprise spécialisée.

#### **- Drainage des eaux**

Durant la période des pluies, les eaux de ruissellement ne posent pas de sérieux problème car l'entreprise a mis en place un plan bien déterminé pour pouvoir réduire voire éliminer cet impact. Ce dernier mis en évidence le respect des inclinaisons des planchers des niveaux d'exploitation et le nettoyage fréquent des voies possibles de ruissellement des eaux afin de pouvoir les évacuées vers le milieu naturel. [11]

### **I.5.2. Déchets solides et organiques**

L'entreprise recense deux types de déchets directement et indirectement liés à son activité :

- actuellement, les déchets solides (les pneumatiques et les pièces métalliques) sont stockés à l'air libre puis ils seront évacués vers le parc de l'entreprise sis à Ferdjiwa W. Mila. Mais la société prévoit la réalisation d'un hangar en charpente métalliques avec toiture légère au cours de cette année.



- Les déchets divers, de type ménager, sont collectés dans une décharge publique aménagée à cet effet et qui se situe à quelques mètres du périmètre de la carrière. [11]

### **I.5.3. Produits finis**

La production annuelle est d'environ 190 000 m<sup>3</sup>, soit : 475 000 tonnes à un rythme de travail de 07 heures par jour.

Les classes granulométriques qui sont produites se résument comme suit :

0/3, 3/8, 8/15, 15/25 et 0/20, 20/40 mm,... avec possibilité de produire le 25/40, 40/70, les mélanges 0/25, 0/40 et l'encrochement.[11]

Domaine d'utilisation :

- Routes et travaux publics ;
- Bâtiments ;
- Hydraulique ;

### **I.5.4. Emission de bruit à l'extérieur de l'unité**

La mise en activité de l'unité de production de granulats implique obligatoirement une élévation du niveau sonore ambiant. Les émissions sonores sont celles produites par la circulation des engins dans la carrière, le tir des mines et station de concassage.

Les habitations les plus proches sont ceux de ziamma mensouriah, se trouvant à plus de 3 km au nord de la carrière, les autres agglomérations se trouvent à plus de 500 m sous forme d'habitations assez restreinte, le niveau sonore sera bien inférieur au seuil tolérable fixé par le décret 93-184 réglementant les émissions de bruit à 70db, en période diurne.[11]

- De manière à limiter les nuisances sonores, la station de concassage ne fonctionnera exclusivement diurne, la station de concassage ne fonctionnera que du dimanche jeudi inclus et hors jours fériés ;
- Tous les moyens techniques possibles destinés à réduire le niveau du bruit à la source seront employés.
-

### **I.5.5. Emission de poussières**

L'émission de poussières a pour origine :

- Le décapage de la découverte,
- Opération d'abattage (forage, tir),
- Circulation des engins de chantier.
- Circulation des camions évacuant la marchandise.
- Station de concassage.
- Le reste des sources ont peu d'effet sur l'environnement.

#### **❖ Au niveau des installations de traitement**

Actuellement, la station de concassage de la carrière de Djebel Merada est équipée d'un système d'arrosage.

Concernant le personnel de la carrière qui est le premier atteint par cet impact, des moyens de protection individuelle doivent être envisagés si la concentration maximale de poussière dans la zone de travail dépasse  $20 \text{ mg/m}^3$  (le port de casque de sécurité, masque, cagoule et gants est obligatoire au niveau de la carrière). [11]

#### **❖ Au niveau de la carrière**

Les poussières générées durant la période sèche sont celles produites par la circulation des camions et engins qui sortent de la station évacuant le matériau produit.

Un dispositif d'arrosage est mis en place pour diminuer et voir éliminer les émissions de poussière causées par la circulation des camions et engins.

## **CONCLUSION**

Les granulats sont le constituant de base de tous les travaux de Génie Civil et publics.

Les besoins de l'économie nationale en substances minérales destinées à la fabrication des matériaux de construction ont connu ces dernières années des augmentations importantes notamment celles liées aux programmes de développement

Pour répondre à ces besoins, plusieurs gisements de production ont été ouverts dans les différentes communes de Jijel.

Le problème qui se pose, est ce que influe sur l'environnement et sur l'homme.

---

## CHAPITRE II : METHODES ET CARACTERISATION

### Introduction

L'objectif principal de cette memoire est d'étudier l'impact sur l'environnement causé par les métaux lourds, aussi connues comme éléments traces métalliques. Les éléments traces sont ainsi nommés parce qu'ils se trouvent en faibles concentrations 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. [12]

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 des 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.[12]

### II.1.Rappels généraux sur les métaux lourds

#### II.1.1.Définition

Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm<sup>3</sup>. 59 éléments du tableau périodique sont classés métaux lourds. 17 entre eux sont considérés comme très toxiques mais 13 sont classés polluants prioritaires, ce sont : antimoine, arsenic, béryllium, cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, nickel, sélénium, argent, thallium et zinc. [13]

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 fossilifères. Il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) et la part naturelle (géogène). [14]

## **II.1.2. Toxicité des métaux lourds**

La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Cette réglementation n'est cependant d'aucun secours pour déterminer sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge. La contamination par les métaux lourds est due aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries au plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc.). Représente 25 % de ces émissions dans la nature.

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport aux capacités d'assimilations de l'organisme.

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

-Leur non-dégradabilité.

-leur toxicité à faible concentration.

-Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques.

La toxicité d'un élément métallique dans l'environnement dépend de la forme chimique sous laquelle il existe. On peut citer comme exemple, le cas du MnVII et de l'AsIII qui sont plus toxiques que le MnII et l'AsV. L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux est leur pouvoir de former des complexes. La disponibilité et la toxicité dépendent de la concentration des ions libres de l'élément, ainsi que de la concentration totale du métal ou de celle du complexe du métal. [14]

## **II.1.3. Effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme**

### **II.1.3.1. Les effets sur l'environnement**

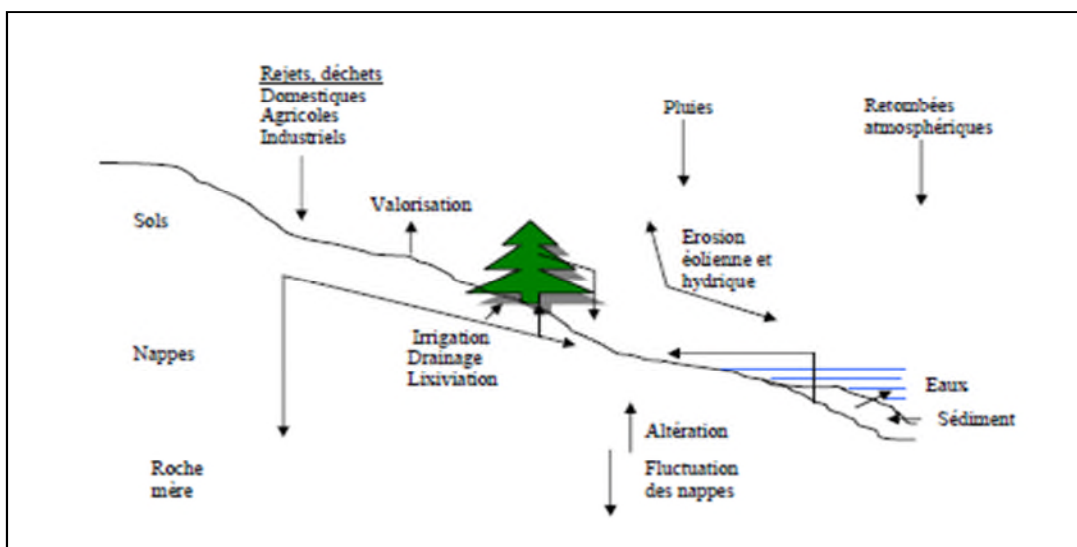
Les métaux lourds ont des effets néfastes sur tous les compartiments environnementaux, la liaison entre la pollution de ces compartiments est donnée dans la figure (II.1).

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 des métaux lourds, et 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 et énergétiques complexes entre elles et entre le biotope.

L'identification des dangers de métaux lourds s'appuie sur les tests écotoxicologiques terrestres et aquatiques qui couvrent des populations de niveaux trophiques différents.

Les essais réalisés sur des insectes pollinisateurs (*Apis mellifica*), des oiseaux (*Coturnix japonica*, *Colinus 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 alimentaire. [15]

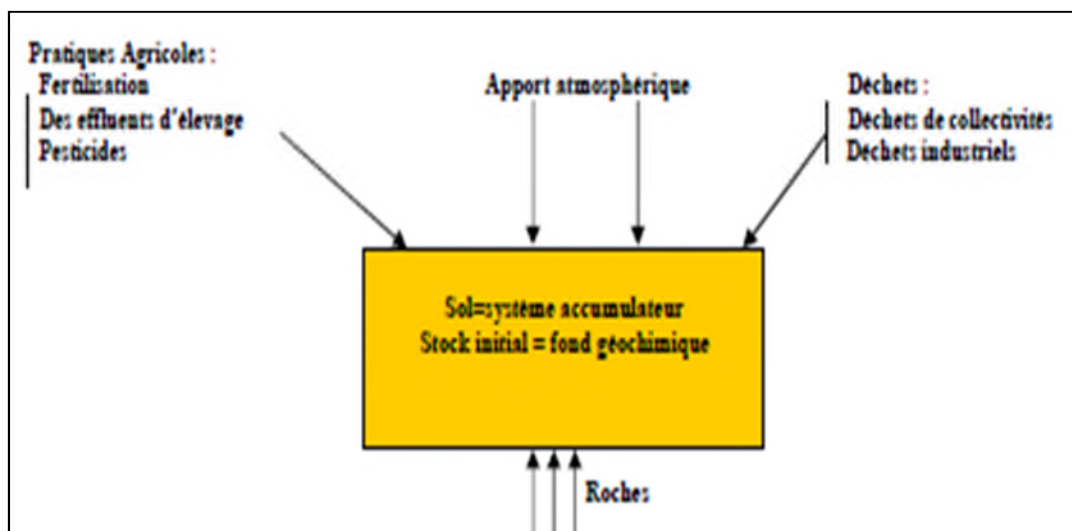


**Figure. II.1. cycle globale des métaux lourds.[15]**

La liste des métaux à surveiller varie selon les milieux considérés : émission atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge. Ces éléments, sous forme de traces, s'adsorbent préférentiellement sur les particules solides et peuvent s'accumuler dans certaines zones favorables à la sédimentation ou à la concentration de particules qui y sont stockées et qui peuvent être remises en suspension à l'occasion de crues. [15]

### II.1.3.1.1. Contamination des sols

Le sol est un support de nombreuses activités humaines (industrialisation, urbanisation, agriculture), son rôle clef en matière d'environnement a été reconnurécemment : 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.



**Figure. II.2.** Origine des éléments traces métalliques dans le sol. [15]

Les conditions physico-chimiques de la majorité des sols cultivés (milieu oxydant, pH élevé, richesse en argile) sont propices à la fixation des métaux lourds dans les parties supérieures du sol liés à la fraction fine. Il y a donc un risque important d'entraînement, par ruissellement, particulièrement en cas d'orage sur un sol nu et pentu. En général, les sols argilo-limoneux fixent les métaux par adsorption ce qui n'est pas le cas pour les sols sablonneux. Le pH joue également un rôle, lors du chaulage, le pH augmente et réduit la mobilité des métaux lourds. [15]

### II.1.3.1.2. 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 fusions métallurgiques, 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 de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant 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. [15]

#### **II.1.3.1.3. 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'autre les solubilisent par acidogènes ;
- ✓ Le potentiel redox du sol ;
- ✓ La composition minéralogique du sol : (complication des métaux par les substances humiques).

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes : les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc.[15]

#### **II.1.3.2. Les effets sur la santé**

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 entraîner 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 entraîner 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



entraîner des troubles de la fécondité. Comme nous le voyons donc, chaque fonction fondamentale et vitale de l'homme est mise en danger par la présence des métaux lourds dans son environnement. [15]

## **II.2. Prélèvement des échantillons**

### **❖ Sol**

L'ensemble des prélèvements d'échantillons réalisés au niveau de la carrière ont été pratiqués sur trois endroits différents autour de la carrière (coté Est, Ouest et nord).

Le prélèvement des échantillons a été réalisé directement sur le sol en utilisant une pioche, les échantillons ont été emballés dans des sachets en plastique hermétique permettant une sauvegarde totale.

### **❖ Eau**

Le seul échantillon a été prélevé d'une source d'eaux loin 50 m de la carrière, l'eau rempli directement dans une bouteille en verre de 1 litre, cette dernière été converti par l'aluminium pour la garder contre la lumière.

### **❖ La matière végétale**

L'ensemble des prélèvements d'échantillons réalisés au niveau de la carrière ont été pratiqués sur trois endroits différents autour de la carrière (coté Est, Ouest et nord).

Le prélèvement des échantillons a été réalisé directement sur les feuilles de différents arbres de site, les échantillons ont été emballés dans des sachets en plastique hermétique permettant une sauvegarde totale.

### II.3. Préparation des échantillons

#### ❖ Sol

Trois échantillons de sol de quartiers différents (est, ouest et nord) ont été pris et subirent le traitement mécanique.

#### - Broyage

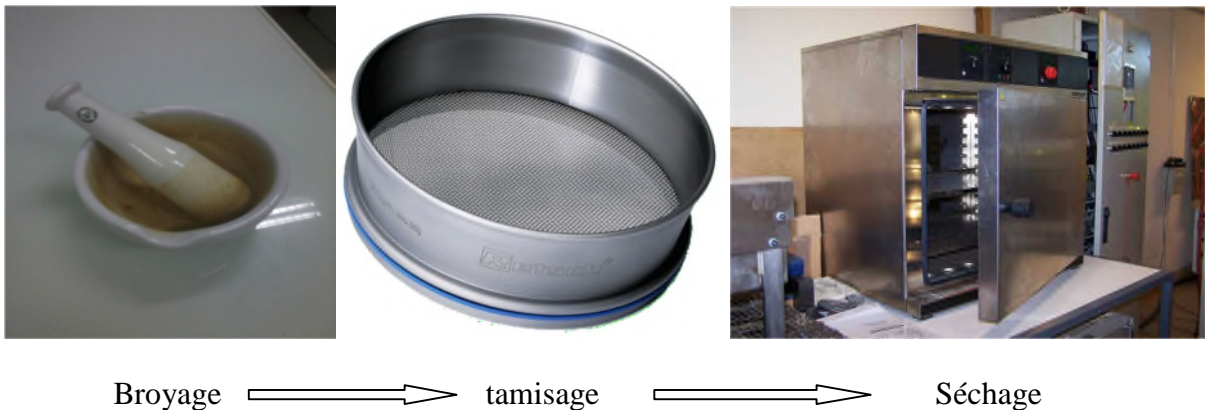
Les trois échantillons sont broyé manuellement à l'aide de l'amortie.

#### - Tamisage

Puis sont introduits dans un tamis métallique (la maille de tamis  $\leq 1\text{mm}$ ).

#### - Séchage

Puis ils sont placés dans des papiers aluminium, ensuite ont été mis dans un étuve pendant 24 heures à 600 C.



**Figure. II.3.**Préparation des échantillons de sol.

#### ❖ Eau

Quatre échantillons d'eau ont été pris. Le premier échantillon a été pris dans une source d'eau éloigné d'environ 50 m de la carrière, recouverte par un papier aluminium contre la lumière, puis il a été filtré. Les trois autres sont des eaux issues de lavage de trois échantillons de feuilles végétales qui ont été pris dans différents quartiers de la carrière (est, ouest et nord).

### ❖ La matière végétale

Trois échantillons de feuilles végétales déjà utilisé pour avoir les échantillons en eau, puis ils ont été séchés naturellement, les feuilles sec ont été broyées par un broyeur « IKA11basic », la matière broyée est mise dans des creusets et les mettez dans un four à moufle pendant 8 heures à 600 C, cette opération s'appelle l'incinération qui a pour but l'élimination de la matière organique.



Broyage  $\implies$  mit dans les creusets  $\implies$  Incinération ( $T^{\circ}=600^{\circ}\text{C}$ ,  $t=8$  heure)

Figure. II.4. Préparation des échantillons de matière végétale.

## II.4. Analyse par diffraction des rayons X (DRX)

La DRX permet de caractériser les phases minéralogiques et de préciser autant que possible la nature des structures cristallines, comme les minéraux argileux.

### II.4.1. Le principe

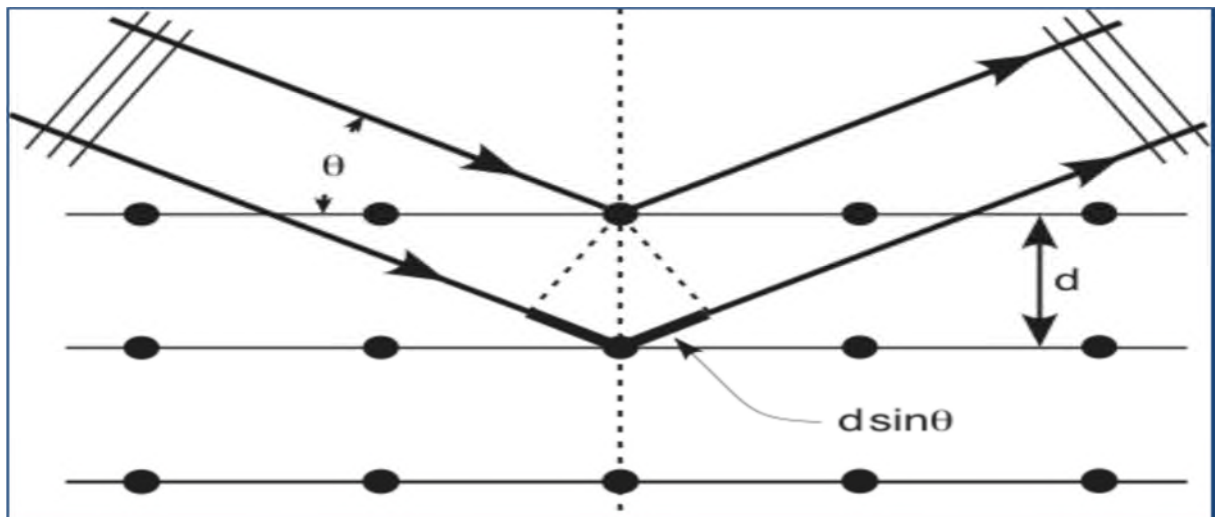
Le principe de cette technique repose sur l'interaction entre un faisceau de rayons X de longueur d'onde donnée et les atomes ou groupes d'atomes qui se répètent de manière périodique dans les trois dimensions de l'espace d'un réseau cristallin. Les radiations en phase, émises par des plans atomiques, vont engendrer un faisceau cohérent qui pourra être détecté. La condition pour que les radiations soient en phase s'exprime par la loi de Bragg (figure II.3). [13]

$$n \cdot \lambda = 2d \sin\theta$$

Où :

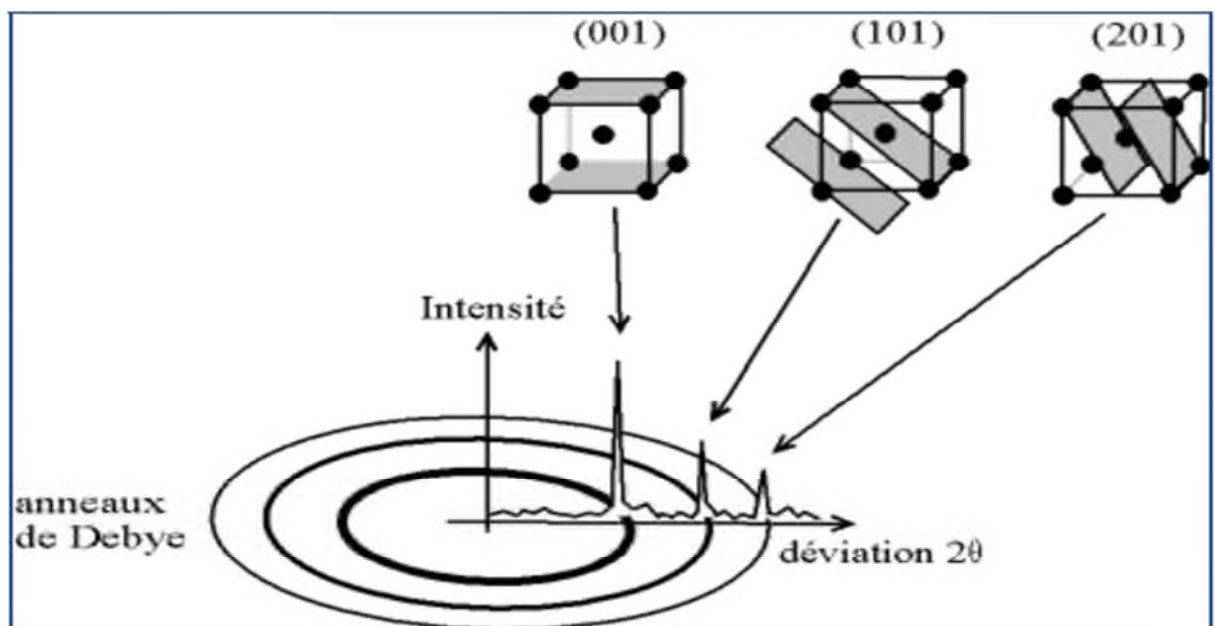
**n** : nombre entier correspondant à l'ordre de la diffraction, **d** : distance réticulaire,

**$\theta$**  : angle de diffraction,  **$\lambda$**  : longueur d'onde du rayonnement utilisé,



**Figure II.5.** Schéma représentant le principe de la diffraction.

La loi de Bragg permet d'associer chaque pic à un plan atomique. ces plans sont désignés par des indices de Miller (hkl) qui sont associés aussi aux pics de diffraction (figure II.6). [13]



**Figure II.6.** Schéma représentant les pics de diffraction et les atomiques. [13]

#### II.4.2. Equipements

- Appareil de mesure : Philips X Pert,  $\theta$ - $\theta$  configuration Longueur d'onde  $\text{CuK}\alpha_{1,2}$  (no monochromator)
- Porte-échantillons circulaires, pouvant être disposés sur un chargeur automatique. [13]



**Figure II.7.** Appareil Philips X Pert.

### II.4.3. Protocole

#### ➤ Préparation des échantillons

La précision et la comparaison des résultats nécessitent une préparation soignée des échantillons.

La quantité idéale de poudre est de 400 [mg]. Placer la poudre sur le porte-échantillon, presser légèrement avec une lame de verre, et enlever le surplus de poudre.

Si on ne dispose pas de suffisamment de poudre, un support de silice amorphe peut être utilisé.

#### ➤ Opérations

- Vérifier que l'appareil est prêt (générateur de rayons X: 40 [kV], 50 [mA], débit d'eau : 300)
- Si le générateur de rayons X indique 45 [kV], 20 [mA] Ouvrir X-Pert Data Collector, dans la fenêtre de contrôle, double cliquer sur Instruments settings/X-Ray/Generator. Entrer Tension : 40 [kV], Current: 50 [mA].
- Placer les échantillons dans le chargeur automatique, et fermer la porte de l'appareil. [13]

## II.5. Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique

### II.5.1. Principe

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. Le spectre d'absorption atomique d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaires de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités. En général, la raie de la transition entre l'état fondamental et le premier état excité définit la plus forte capacité d'absorption, et c'est la raie habituellement utilisée.

Les transitions entre l'état fondamental et l'état excité se produisent uniquement lorsque le rayonnement incident, provenant d'une source lumineuse, est exactement égale à la fréquence d'une transition spécifique. Une partie de l'énergie de la radiation incidente  $I_0$  est absorbée. Le rayonnement émis est donné par  $I$  :

$$I = I_0 e^{-\epsilon l}$$

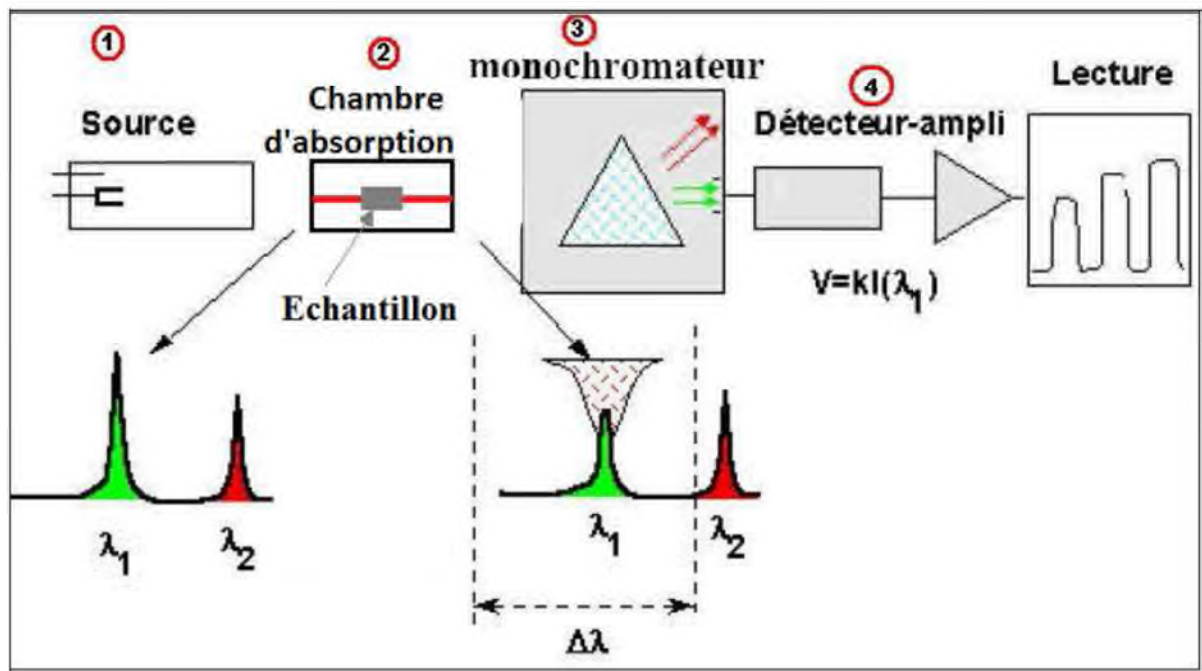
Où  $\epsilon$  : est le coefficient d'absorption de l'élément à analyser et  $l$  : est la longueur du trajet horizontal du rayonnement à travers la chambre d'absorption.

L'absorption atomique est déterminée par la variation de la puissance rayonnante du faisceau incident en présence et en absence d'atomes analysés dans l'atomiseur. La largeur de la raie émise par la source lumineuse doit être plus petite que la largeur de la raie absorbée de l'analyse. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau de rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyse présente dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbée par les standards. La lecture de l'instrument peut être calibrée de façon à afficher les concentrations de l'échantillon directement. [16]

## II.5.2. Appareillage

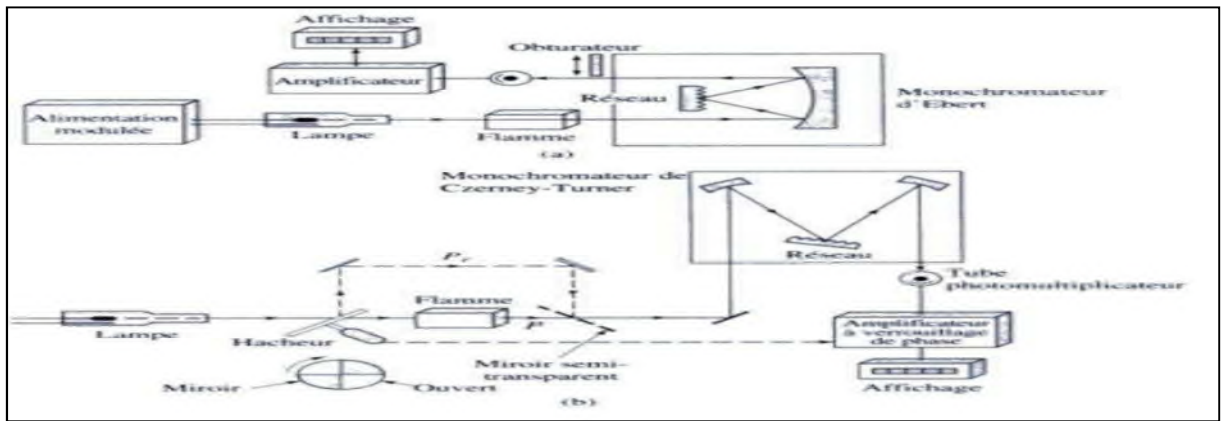
Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique comportent quatre parties principales :

Le faisceau lumineux issu de la source (1) traverse la chambre d'absorption (flamme ou four) (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique, avant d'être focalisé sur la fente d'entrée d'un monochromateur (3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde. Le trajet optique se termine sur la fenêtre d'entrée du détecteur (4) (Figure. II.8). [16]



**Figure. II.8.** Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique.

Il existe également deux types de spectromètre : le Mono faisceau et le double faisceau, le deuxième est plus performant que le premier comme le montre le schéma suivant (fig. II.9). La lecture dans le cas du double faisceau représente le rapport de l'échantillon et de faisceau de référence, ceci permet de gagner une meilleure stabilité du signal. [16]



**Figure. II.9.** Spectrophotomètres de flamme : (a) appareil à simple faisceau (b) appareil à double faisceau. [16]

## CONCLUSION

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine et ont un fort impact toxicologique sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme.

Il a été nécessaire de réglementer les teneurs en métaux lourds des eaux destinées à la consommation, mais aussi des rejets industriels. La problématique des métaux lourds repose sur le fait qu'ils sont très utiles, voire indispensables à l'homme. En effet, de par leurs propriétés, ils entrent dans la composition d'une grande variété de produits. Il semble donc assez difficile de s'en passer et de les substituer. [15]



## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### INTRODUCTION

Ce chapitre sera organisé de sorte à faire ressortir les résultats obtenus durant notre étude pratique, les résultats de la diffraction des rayons X (DRX) et de la Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) seront exposés dans cet ordre accompagnés des interprétations.

Dans l'analyse minéralogique, nous sommes intéressés aux phases minérales majeurs pour la DRX, et les concentrations des métaux lourds pour la SAA, et les comparer par les normes environnementales.

### III.1. Présentation des résultats obtenus par la diffraction des rayons X

#### III.1.1. La zone Est

On a deux échantillons à analyser par la DRX de la zone Est incluant le sol et la matière végétale (cendre).

##### III.1.1.1. Résultats de la zone Est

###### ➤ Sol

D'après l'analyse du sol prélevé de zone Est on obtient les résultats suivants :

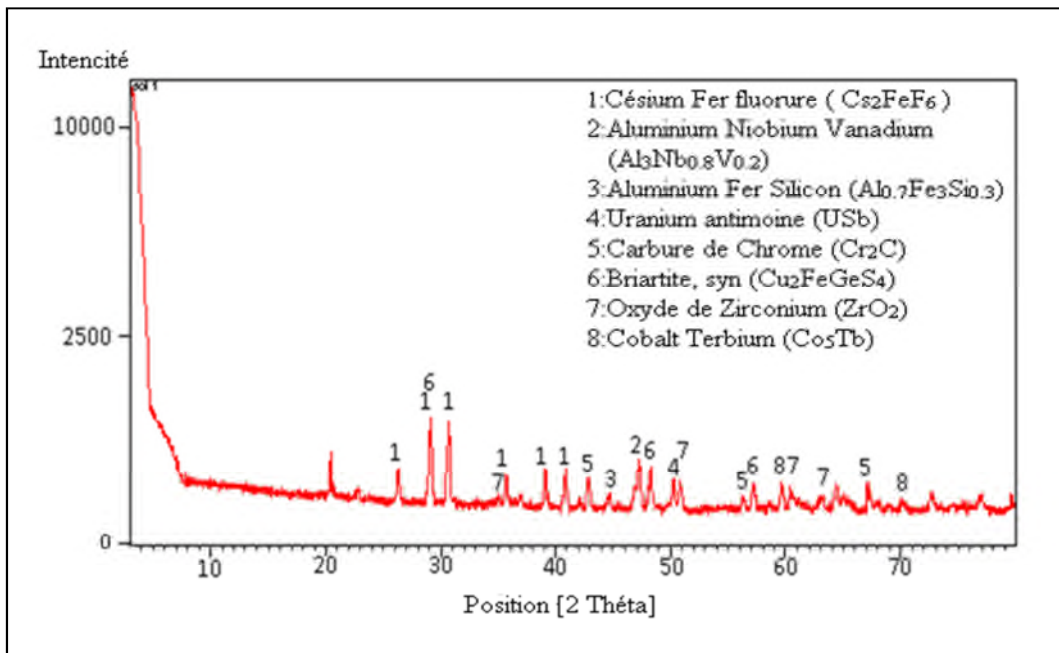


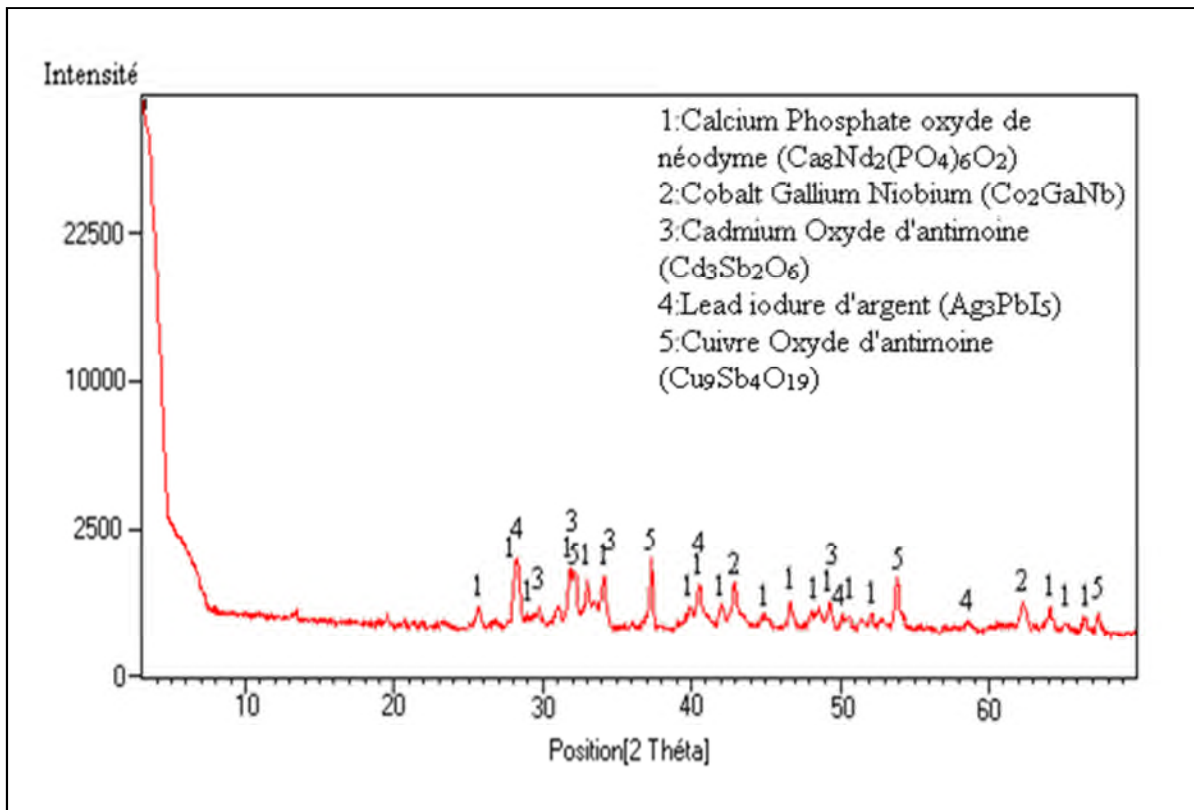
Figure.III.1. Résultat d'analyse par DRX du sol de la zone Est.

**Tableau. III.1.** Les angles de diffraction du sol de la zone Est

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	$\text{Cs}_2\text{FeF}_6$	Césium Fer fluorure	26.42, 28.88, 30.69, 35.65, 39.11, 40.84
2	$\text{Al}_3\text{Nb}_{0.8}\text{V}_{0.2}$	Aluminium Niobium Vanadium	47.18
3	$\text{Al}_{0.7}\text{Fe}_3\text{Si}_{0.3}$	Aluminium Fer Silicon	44.64
4	USb	Uranium antimoine	50.18
5	$\text{Cr}_2\text{C}$	Carbure de Chrome	42.80, 56.17, 67.01
6	$\text{Cu}_2\text{FeGeS}_4$	Briartite, syn	29.10, 48.22, 57.10
7	$\text{ZrO}_2$	Oxyde de Zirconium	34.96, 50.75, 60.33, 62.86
8	$\text{Co}_5\text{Tb}$	Cobalt Terbium	59.52, 69.90

➤ *Cendre*

D après l'analyse de la matière végétale prélevé de zone Est on obtient les résultats suivants :



**Figure.III.2.** Résultat d'analyse par DRX du cendre de la zone Est.

**Tableau. III.2.** Les angles de diffraction de la cendre de la zone Est

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	$\text{Ca}_8\text{Nd}_2(\text{PO}_4)_6\text{O}_2$	Calcium Phosphate oxyde de Néodyme	25.64, 27.95, 29.09, 31.57, 33.04, 33.87, 39.79, 40.28, 41.93, 44.89, 46.70, 48.35, 49.01, 50.81, 52.13, 63.97, 65.13, 66.45
2	$\text{Co}_2\text{GaNb}$	Cobalt Gallium Niobium	42.91, 62.33
3	$\text{Cd}_3\text{Sb}_2\text{O}_6$	Cadmium Oxyde d'antimoine	29.75, 31.90, 34.36, 49.34
4	$\text{Ag}_3\text{PbI}_5$	Lead iodure d'argent	28.28, 40.61, 50.15, 58.55
5	$\text{Cu}_9\text{Sb}_4\text{O}_{19}$	Cuivre Oxyde d'antimoine	32.23, 37.32, 53.94, 67.26

### III.1.1.2. Interprétation des résultats de la zone Est

La technique en question est choisie dans le but d'identifier les phases cristallines d'un échantillon.

La lecture spectrale nous dégage plusieurs pics correspondant aux métaux : **Fer(Fe)**, **Cuivre(Cu)**, **Germanium(Ge)**, **Argent(Ar)**, **Plomb(Pb)**, **Antimoine(Sb)**, **Cadmium(Cd)** dominants, et : **Niobium(Nb)**, **Vanadium(V)**, **Uranium(U)**, **Chrome(Cr)**, **Zirconium(Zr)**, **Terbium(Tb)**, **Néodyme(Nd)**, **Phosphate(Po)**, **Gallium(Ga)** a faible présence.

### III.1.2. La zone Ouest

On a deux échantillons à analyser par la DRX de la zone Ouest incluant le sol et la matière végétale (cendre).

#### III.1.2.1. Résultats de la zone Ouest

##### ➤ Sol

D'après l'analyse du sol prélevé de zone Est on obtient les résultats suivants :

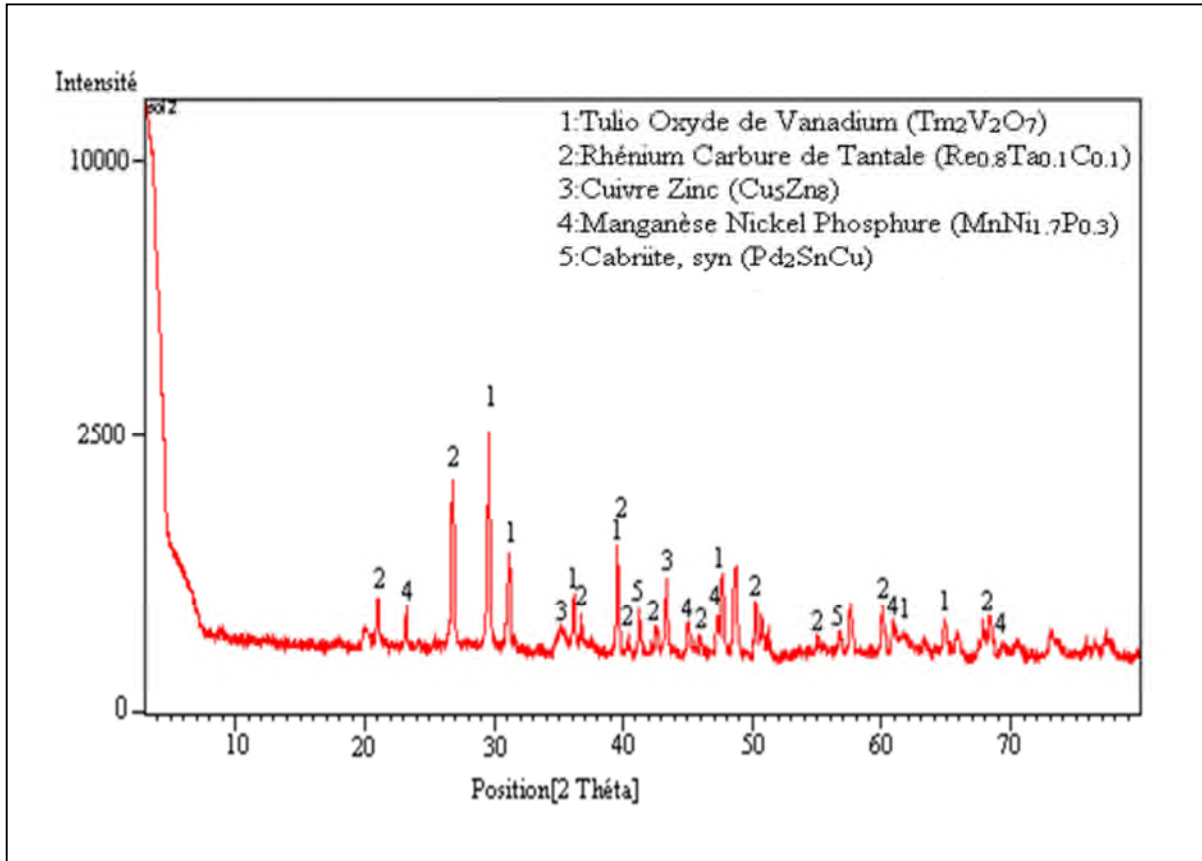


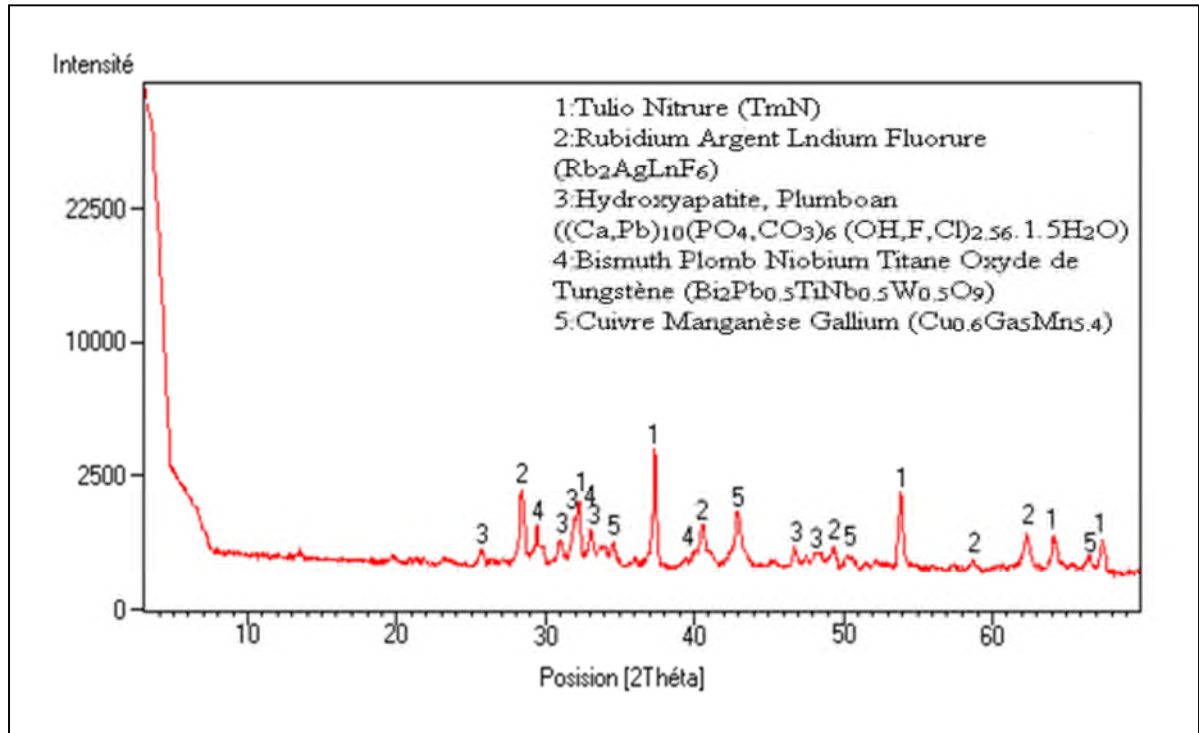
Figure.III.3.Résultat d’analyse par DRX du sol de la zone Ouest.

Tableau. III.3.Les angles de diffraction du sol de la zone Ouest

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	$Tm_2V_2O_7$	Tulio Oxyde de Vanadium	29.54, 31.24, 36.09, 39.46, 47.69, 61.83, 64.78
2	$Re_{0.8}Ta_{0.1}Co_{0.1}$	Rhénium Carbure de Tantale	21.10, 26.80, 36.73, 39.67, 40.52, 42.62, 46.01, 50.23, 55.09, 60.14, 68.17
3	$Cu_5Zn_8$	Cuivre Zinc	35.24, 43.26
4	$MnNi_{1.7}P_{0.3}$	Manganèse Nickel Phosphure	23.43, 45.17, 47.27, 60.98, 69.63
5	$Pd_2SnCu$	Cabriite, syn	41.37, 56.76

➤ *Cendre*

D après l'analyse de la matière végétal prélevé de zone Est on obtient les résultats suivants :



**Figure.III.4.** Résultat d'analyse par DRX de la cendre de la zone Ouest.

**Tableau. III.4.** Les angles de diffraction de la cendre de la zone Ouest

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	TmN	Tulio Nitride	32.29, 37.47, 53.85, 64.20, 67.48
2	Rb <sub>2</sub> AgLnF <sub>6</sub>	Rubidium Argent Lndium Fluorure	28.32, 40,75, 49.36, 58,69, 62.31
3	(Ca,Pb) <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ,CO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> (OH,F,Cl) <sub>2.56</sub> .1.5H <sub>2</sub> O	Hydroxyapatite, Plumboan	25.74, 30.91, 31.77, 33.16, 46.78, 48.34
4	Bi <sub>2</sub> Pb <sub>0.5</sub> TiNb <sub>0.5</sub> W <sub>0.5</sub> O <sub>9</sub>	Bismuth Plomb Niobium Titane Oxyde de Tungstène	29.53, 32.81, 40,05
5	Cu <sub>0.6</sub> Ga <sub>5</sub> Mn <sub>5.4</sub>	Cuivre Manganèse Gallium	34.53, 42.98, 50.40, 66.62

### III.1.2.2. Interprétation des résultats de la zone Ouest

La technique en question est choisie dans le but d'identifier les phases cristallines d'un échantillon.

La lecture spectrale nous dégage plusieurs pics correspondant aux métaux : **Tulio(Tm)**, **Vanadium(V)**, **Rhénium(Re)**, **Tantale(Ta)**, **Argent(Ag)**, **Indium(In)**, **Cuivre(Cu)**, **Zinc(Zn)** dominants, et : **Manganèse(Mn)**, **Nickel(Ni)**, **Pd**, **Phosphure(Po)**, **Étain(Sn)**, **Plomb(Pb)**, **Bismuth(Bi)**, **Titane(Ti)**, **Niobium(Nb)**, **Tungstène(W)**, **Gallium(Ga)** a faible présence.

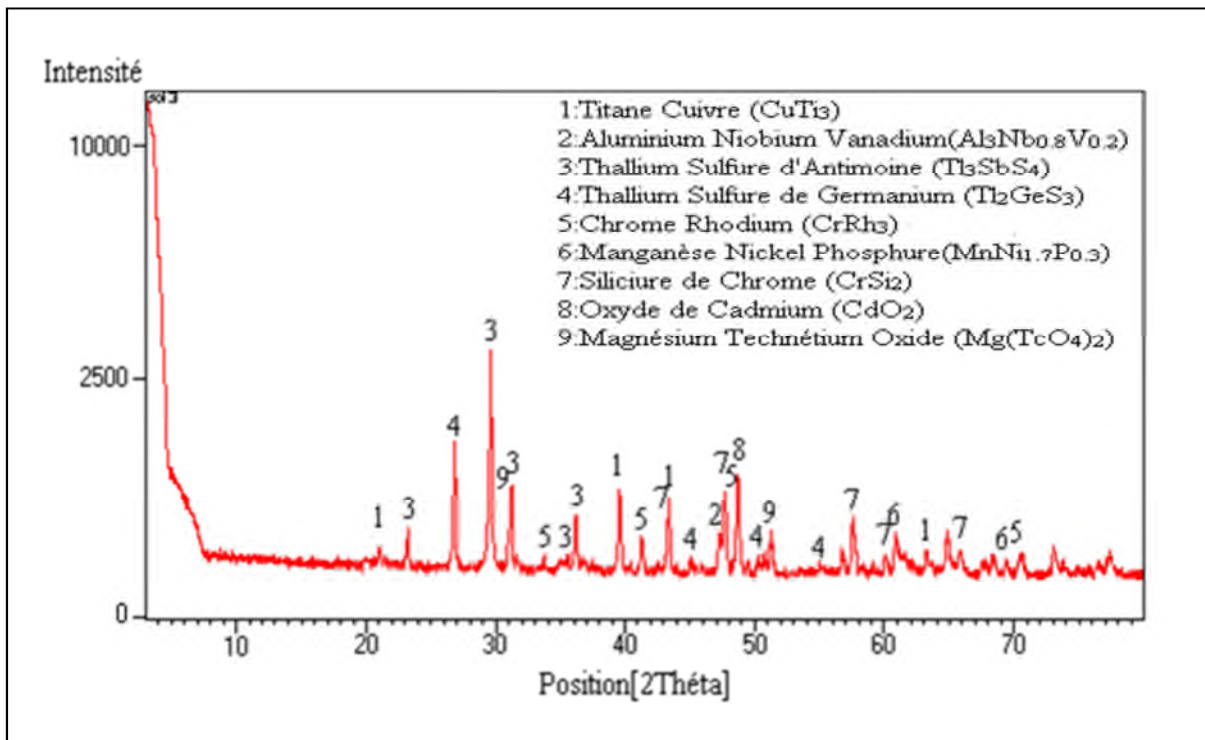
### III.1.3. La zone Nord

On a deux échantillons à analyser par la DRX de la zone Nord incluant le sol et la matière végétale (cendre).

#### III.1.3.1. Résultats de la zone Nord

➤ *Sol*

D après l'analyse du sol prélevé de zone Nord on obtient les résultats suivants :



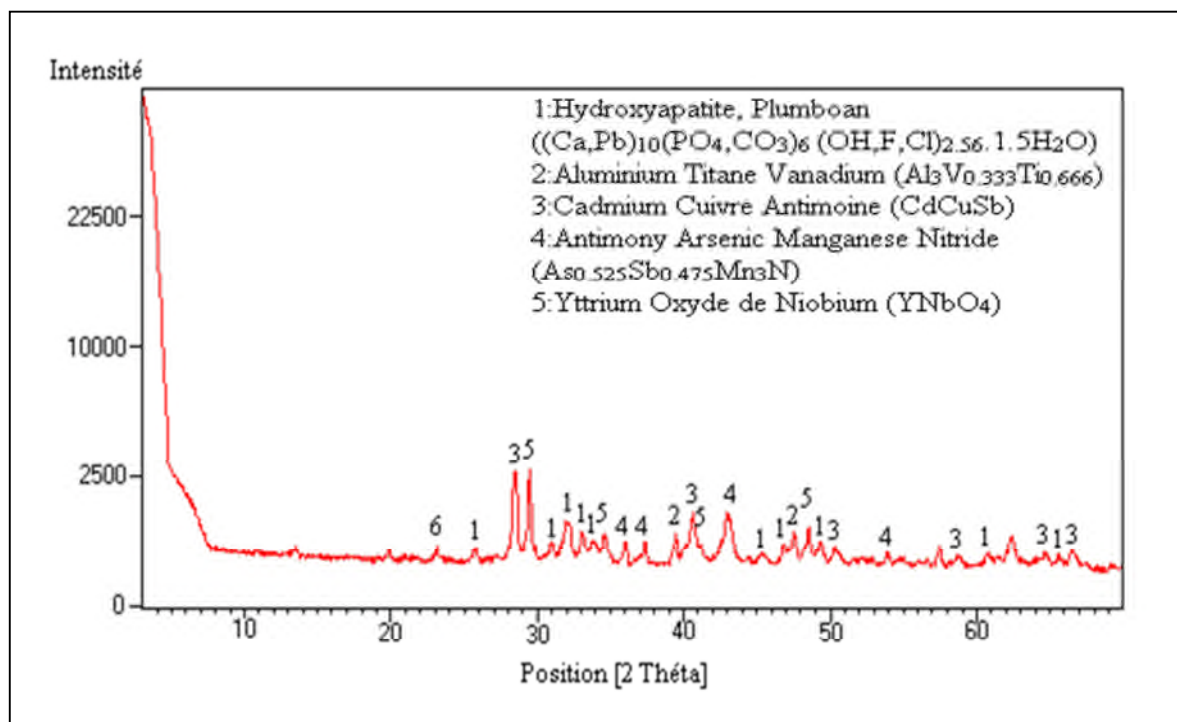
**Figure.III.5.** Résultat d'analyse par DRX du sol de la zone Nord.

**Tableau. III.5.** Les angles des diffractions du sol de la zone Nord

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	CuTi <sub>3</sub>	Titane Cuivre	21.22, 39.67, 43.46, 63.18
2	Al <sub>3</sub> Nb <sub>0.8</sub> V <sub>0.2</sub>	Aluminium Niobium Vanadium	47.24
3	Tl <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub>	Thallium sulfure d'antimoine	23.31, 29.61, 31.28, 35.48, 36.32
4	Tl <sub>2</sub> GeS <sub>3</sub>	Thallium sulfure de Germanium	27.09, 45.34, 50.59, 55.21
5	CrRh <sub>3</sub>	chrome rhodium	33.81, 41.36, 48.49, 70.52
6	MnNi <sub>1.7</sub> P <sub>0.3</sub>	Manganèse Nickel phosphure	60.88, 69.27
7	CrSi <sub>2</sub>	siliciure de chrome	43.04, 47.66, 57.51, 60.04, 65.90
8	CdO <sub>2</sub>	oxyde de cadmium	48.70
9	Mg(TcO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Magnésium technétium Oxyde	30.86, 51.22

➤ *Cendre*

D'après l'analyse de la matière végétale prélevée de zone Nord on obtient les résultats suivants :

**Figure.III.6.** Résultat d'analyse par DRX de la cendre de la zone Nord.

**Tableau. III.6.** Les angles des phases de la cendre de la zone Nord

Indice	La phase	Nom de la phase	Angle 2 Théta
1	$(Ca,Pb)_{10}(PO_4,CO_3)_6(OH,F,Cl)_{2.56}.1.5H_2O$	Hydroxyapatite, Plumboan	25.84, 30.85, 31.99, 33.12, 33.93, 45.44, 46.73, 49.64, 60.82, 65.69
2	$Al_3V_{0.333}Ti_{0.666}$	Aluminium Titane Vanadium	39.43, 47.38
3	CdCuSb	Cadmium Cuivre Antimoine	28.42, 40.57, 50.45, 58.72, 64.71, 66.50
4	$As_{0.525}Sb_{0.475}Mn_3N$	Antimony Arsenic ManganeseNitride	36.04, 37.49, 43.00, 53.86
5	$YNbO_4$	Yttrium Oxyde de Niobium	29.39, 34.74, 40.90, 48.51
6	$Gd_{0.03}La_{0.07}WO_3$	gadolinium Lanthane	23.07

### III.1.3.2. Interprétation des résultats de la zone Nord

La technique en question est choisie dans le but d'identifier les phases cristallines d'un échantillon.

La lecture spectrale nous dégage plusieurs pics correspondant aux métaux : Titane(Ti), Antimoine(Sb), Germanium(Ge), Cuivre(Cu), Chrome(Cr), Cadmium(Cd), Nb dominants, et : Vanadium(V), rhodium(Rh), Manganèse(Mn), Nickel(Ni), Plomb(Pb), Phosphore(Po), gadolinium(Gd), Lanthane(La), Tungstène(W) a faible présence.

## III.2. Présentation des résultats obtenus par Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA)

### III.2.1. Les courbe d'étalonnages

#### ➤ La courbe d'étalonnage du nickel (Ni) à 232 nm

Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 0.5ppm ; 1ppm ; 2ppm ; 2.5ppm ; 3ppm ; 4ppm.

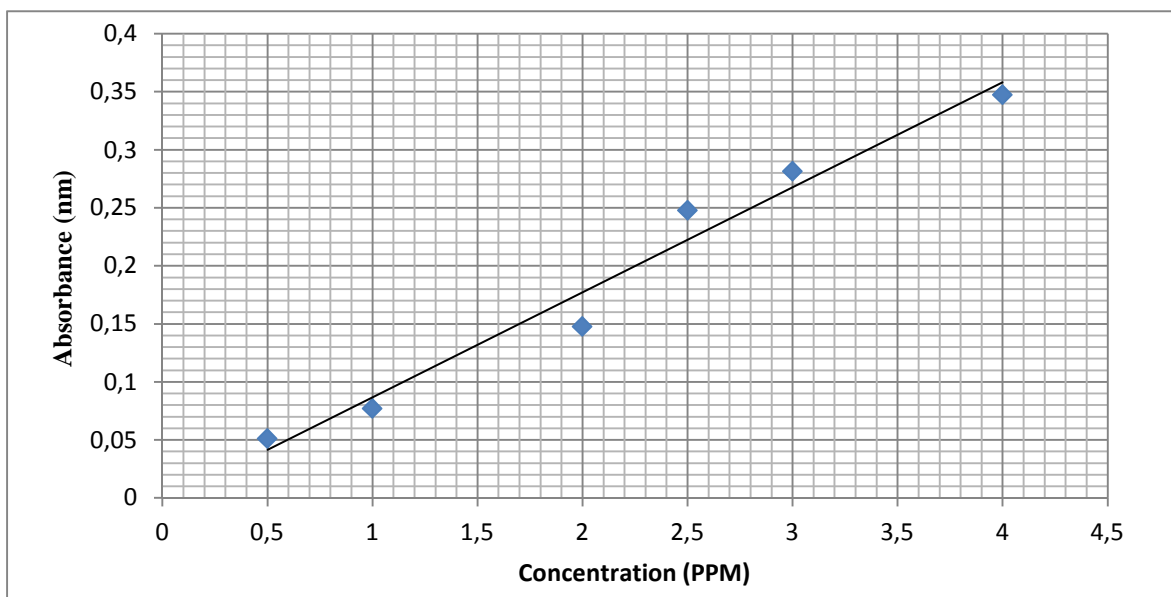


L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.7.** Les données de courbe d'étalonnage du nickel(Ni)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	0.5	0.0513
2	1	0.0773
3	2	0.1477
4	2.5	0.2480
5	3	0.2815
6	4	0.3476

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.7.** Courbe d'étalonnage du nickel (Ni).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.090, b = 0.003 ;$$

$$R^2 = 0.971 ; N = 6 ;$$

$$y = 0.090 x - 0.003$$

➤ **La courbe d'étalonnage du cuivre (Cu) à 324.8 nm**

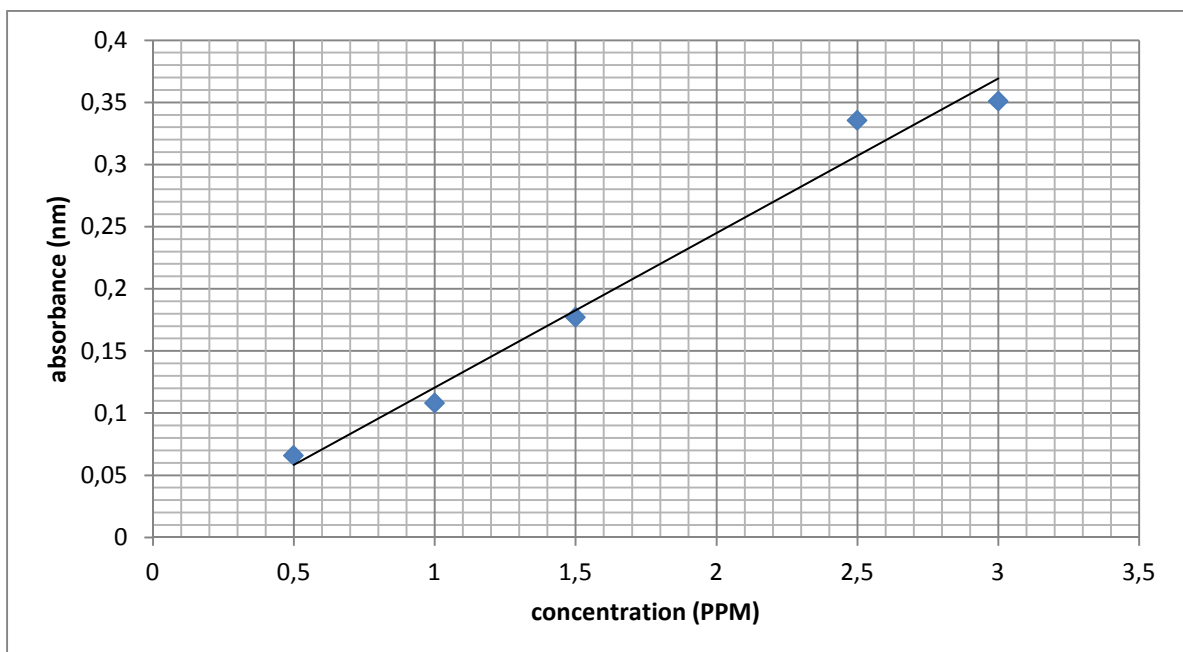
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 0.5ppm ; 1ppm ; 1.5ppm ; 2.5ppm ; 3ppm.

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.8.** Les données de courbe d'étalonnage du cuivre(Cu)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	0.5	0.066
2	1	0.1082
3	1.5	0.1773
4	2.5	0.3355
5	3	0.3510

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.8.** Courbe d'étalonnage du cuivre (Cu).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.124, b = 0.003 ;$$

$$R^2 = 0.979 ; N = 5 ;$$

$$y = 0.124 x - 0.003$$

➤ **La courbe d'étalonnage du Fer (Fe) à 248.3 nm**

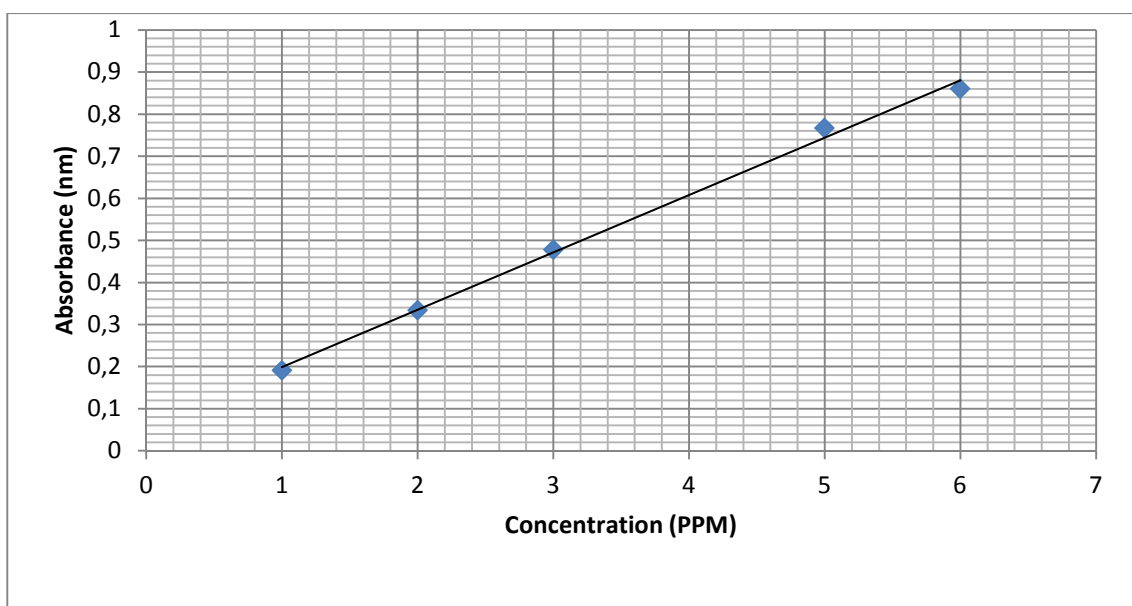
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 1ppm ; 2ppm ; 3ppm ; 5ppm ; 6ppm.

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.9.** Les données de courbe d'étalonnage du Fer(Fe)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	1	0.1910
2	2	0.3341
3	3	0.4779
4	5	0.7668
5	6	0.8599

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.9.** Courbe d'étalonnage du Fer (Fe).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.136, b = 0.062 ;$$

$$R^2 = 0.996 ; N = 5 ;$$

$$y = 0.136 x + 0.062$$

➤ **La courbe d'étalonnage du Plomb (Pb) à 283.3 nm**

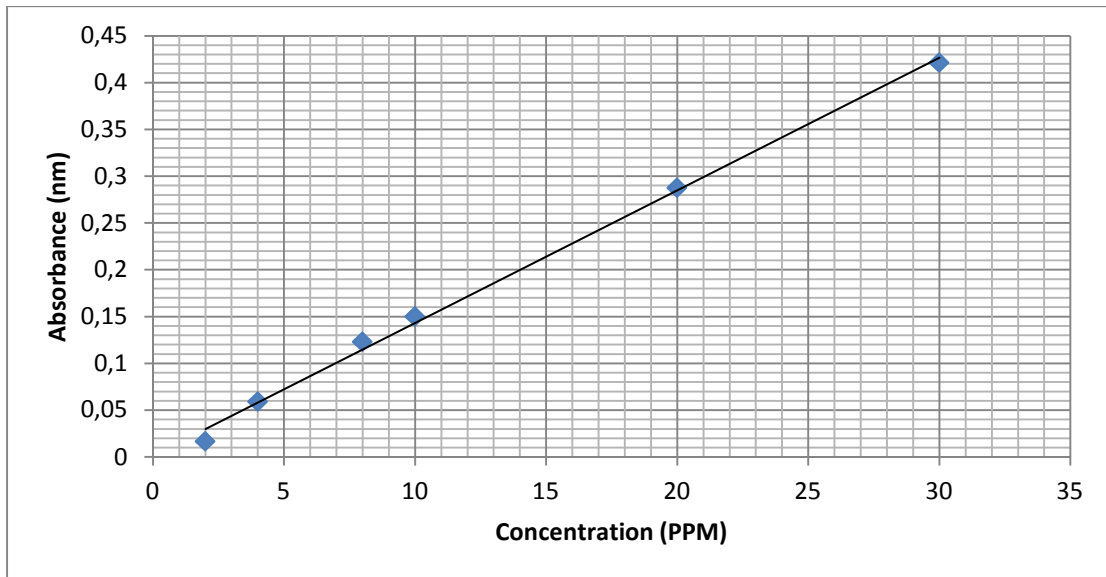
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 2ppm ; 4ppm ; 8ppm ; 10ppm ; 20ppm ; 30ppm

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.10.** Les données de courbe d'étalonnage du Plomb(Pb)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	2	0.0166
2	4	0.0592
3	8	0.1229
4	10	0.1499
5	20	0.2876
6	30	0.4213

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.10.**Courbe d'étalonnage du Plomb (Pb).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.014, b = 0.001 ;$$

$$R^2 = 0.997 ; N = 6 ;$$

$$y = 0.014 x + 0.001$$

➤ **La courbe d'étalonnage du Zinc (Zn) à 213.9 nm**

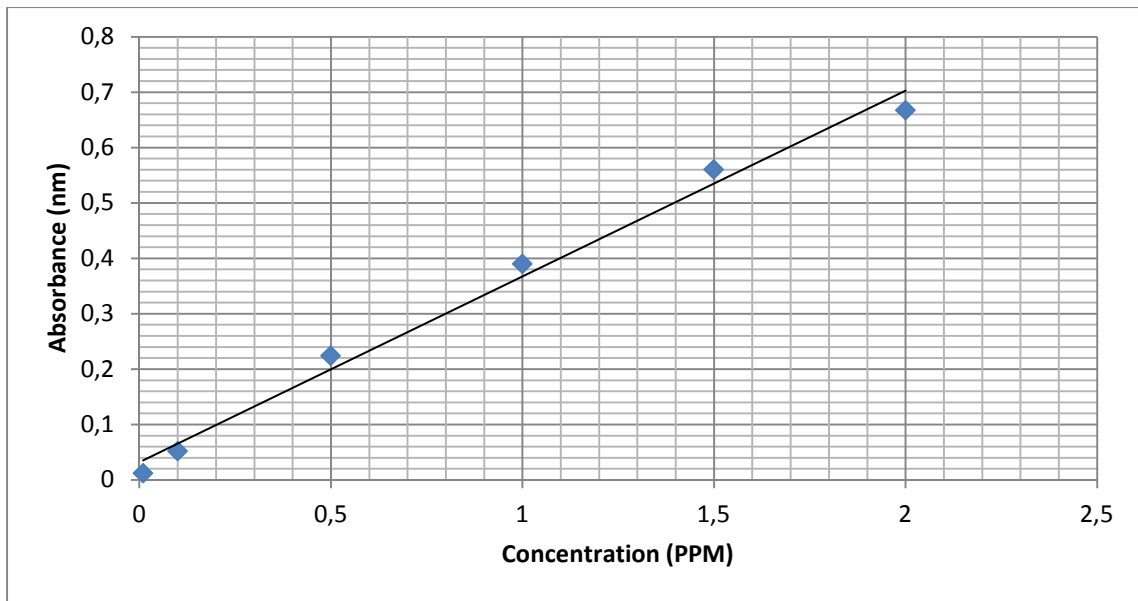
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 0.01ppm ; 0.1ppm ; 0.5ppm ; 1ppm ; 1.5ppm ; 2ppm

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.11.** Les données de courbe d'étalonnage du Zinc(Zn)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	0.01	0.012
2	0.1	0.052
3	0.5	0.224
4	1	0.390
5	1.5	0.560
6	2	0.667

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.11.**Courbe d'étalonnage du Zinc (Zn).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.335, b = 0.031 ;$$

$$R^2 = 0.989 ; N = 6 ;$$

$$y = 0.335 x + 0.031$$

➤ **La courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd) à 228.8 nm**

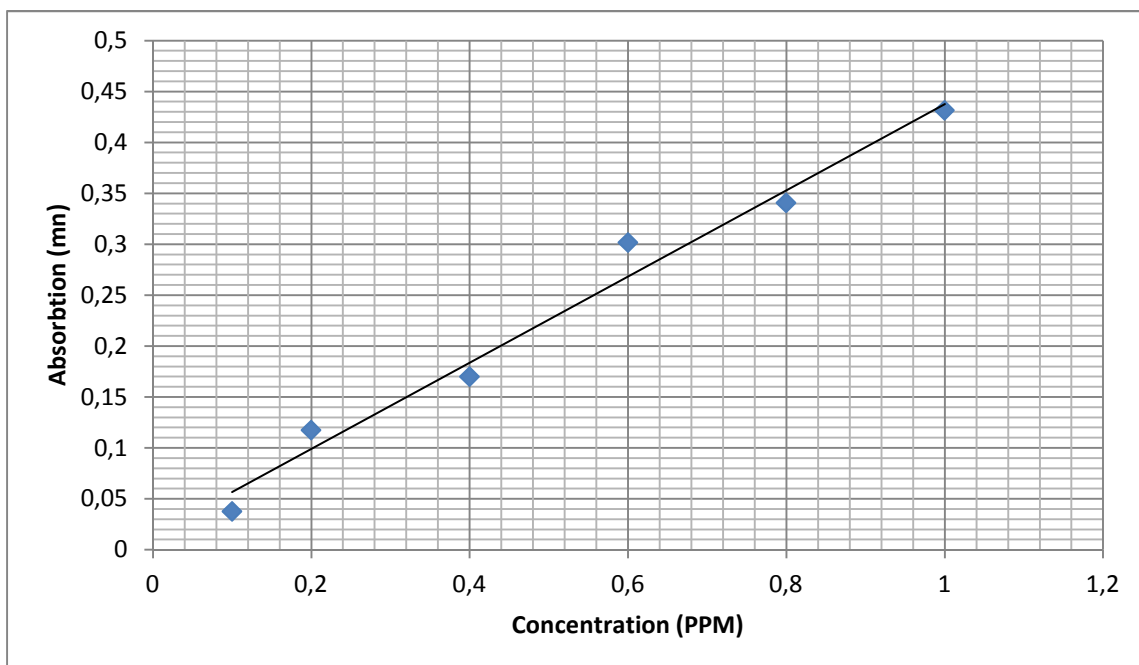
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 0.1ppm ; 0.2ppm ; 0.4ppm ; 0.6ppm ; 0.8ppm ; 1ppm

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.12.** Les données de courbe d'étalonnage du Cadmium(Cd)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	0.1	0.0376
2	0.2	0.1174
3	0.4	0.1700
4	0.6	0.3016
5	0.8	0.3407
6	1	0.4314

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :

**Figure.III.12.** Courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd).

La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.423, b = 0.014 ;$$

$$R^2 = 0.980 ; N = 6 ;$$

}

$$y = 0.423 x + 0.014$$

➤ **La courbe d'étalonnage du Manganèse (Mn) à 279.5 nm**

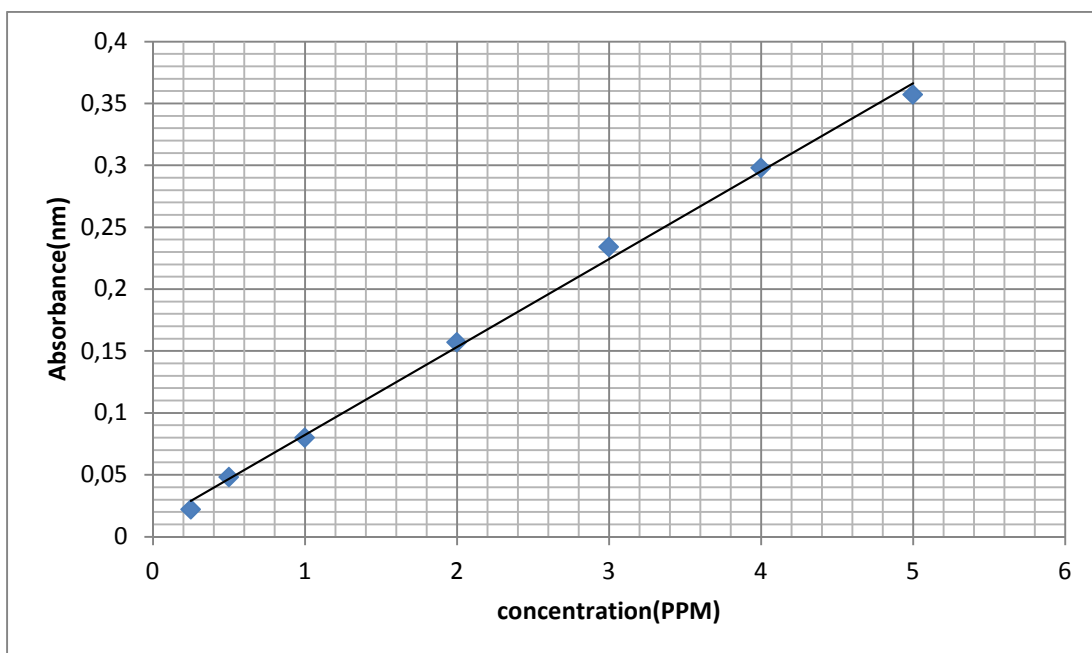
Une série d'échantillons a été préparé en vue de l'établissement de la courbe d'étalonnage à partir de la solution mère. Cette dernière comprendra les concentrations suivantes : 0.25ppm ; 0.5ppm ; 1ppm ; 2ppm ; 3ppm ; 4ppm ; 5ppm

L'analyse par l'absorption atomique, avec une flamme Air/Acétylène, a donné les résultats suivants :

**Tableau.III.13.** Les données de courbe d'étalonnage du Manganèse(Mn)

N°	Concentration (PPM)	Absorbance (nm)
1	0.25	0.022
2	0.5	0.048
3	1	0.08
4	2	0.157
5	3	0.234
6	4	0.298
7	5	0.357

Ces résultats nous mènent à tracer la courbe suivante :



**Figure.III.13.** Courbe d'étalonnage du Manganèse (Mn).



La forme linéaire de cette courbe donne l'équation suivante :

$$y = a + b x \quad \text{où : } a = 0.071, b = 0.011 ;$$

$$R^2 = 0.997 ; N = 7 ;$$

$$y = 0.071 x + 0.011$$

### III.2.2. Résultats obtenu par la SAA

L'analyse par SAA est réalisée sur trois échantillons des zone différents (Est, Ouest et Nord) et l'eau de source pour cela nous avons effectué le dosage de sept métaux lourds qui sont respectivement : Ni, Cu, Fe, Pb, Zn, Cd, Mn.

**Tableau. III.14.** Les normes des métaux lourds dans l'eau

Métaux	Ni	Pb	Cd	Fe	Mn	Zn	Cu
Concentration(PPM)	0.05	0.05	0.005	0.1	0.1	5	0.05

#### III.2.2.1.La zone EST

##### III.2.2.1.1. Résultats de la zone Est

Les résultats obtenus sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau. III.15.** Résultats de la SAA de la zone Est

Métaux	Concentration(PPM)	Absorption
Nickel(Ni)	0.1541	0.0138
Cuivre(Cu)	0.0249	0.0031
Plomb(Pb)	0.0178	0.0027
Fer(Fe)	0.4070	0.0058
Zinc(Zn)	0.0949	0.0339
Cadmium(Cd)	0.0388	0.0172
Manganèse(Mn)	0.0558	0.0041

### III.2.2.1.2. Discussion des résultats de la zone Est

D'après les résultats de la SAA on constate que ces teneurs de certains métaux lourds tels que le plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd), sont supérieures aux normes environnementale (Tableau. III.14) ce qui constitue un véritable danger sur l'environnement de la région incluant le sol et les ressources en eau.

Alors que certains métaux lourds ont une concentration qui ne dépasse pas la norme. Tel que le Fer(Fe), le Manganèse(Mn),le Zinc(Zn) et le cuivre(Cu).

### III.2.2.2.La zone Ouest

#### III.2.2.2.1. Résultats de la zone Ouest

Les résultats obtenus sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau.III.16.** Résultats de la SAA de la zone Ouest

<b>Métaux</b>	<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Absorption (nm)</b>
<b>Nickel (Ni)</b>	0.1570	0.0141
<b>Cuivre (Cu)</b>	0.0027	0.003
<b>Fer (Fe)</b>	0.0351	0.0053
<b>Plomb (Pb)</b>	0.4038	0.0058
<b>Zinc (Zn)</b>	0.0408	0.0146
<b>Cadmium (Cd)</b>	0.0372	0.0165
<b>Manganèse (Mn)</b>	0.0578	0.0043

### III.2.2.2.2. Discussion des résultats de la zone Ouest

D'après les résultats de la SAA on constate que ces teneurs de certains métaux lourds tels que le plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd), sont supérieures aux normes environnementale (Tableau. III.14), ce qui constitue un véritable danger sur l'environnement de la région incluant le sol et les ressources en eau.

Alors que certains métaux lourds ont une concentration qui ne dépasse pas la norme. Tel que le Fer(Fe), le Manganèse(Mn),le Zinc(Zn) et le cuivre(Cu).

### III.2.2.3.La zone Nord

#### III.2.2.3.1. Résultats de la zone Nord

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III.17.** Résultats de la SAA de la zone Nord

Métaux	Concentration(PPM)	Absorption
Nickel(Ni)	0.1517	0.0136
Cuivre(Cu)	0.0063	0.0009
Plomb(Pb)	0.0095	0.0014
Fer(Fe)	0.4305	0.0016
Zinc(Zn)	0.059	0.0211
Cadmium(Cd)	0.0435	0.0193
Manganèse(Mn)	0.0525	0.0039

#### III.2.2.3.2. Discussion des résultats de la zone Nord

D'après les résultats de la SAA on constate que ces teneurs de certains métaux lourds tels que le plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd), sont supérieures aux normes

environnementale (Tableau. III.14) ce qui constitue un véritable danger sur l'environnement de la région incluant le sol et les ressources en eau.

Alors que certains métaux lourds ont une concentration qui ne dépasse pas la norme. Tel que le Fer(Fe), le Manganèse(Mn),le Zinc(Zn) et le cuivre(Cu).

#### III.2.2.4. L'Eau de la source

##### III.2.2.4.1. Résultats de l'eau de la source

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau. III.18.** Résultats de la SAA de l'eau de la source

<b>Métaux</b>	<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Absorption (nm)</b>
<b>Nickel (Ni)</b>	0.1143	0.0103
<b>Cuivre (Cu)</b>	0.0070	0.0009
<b>Fer (Fe)</b>	0.0044	0.0007
<b>Plomb (Pb)</b>	0.0910	0.0013
<b>Zinc (Zn)</b>	0.0289	0.0103
<b>Cadmium (Cd)</b>	0.0361	0.0160
<b>Manganèse (Mn)</b>	0.0014	0.0001

#### III.2.2.4.2. Discussion des résultats de l'eau de la source

D'après les résultats de la SAA on constate que ces teneurs de certains métaux lourds tels que le plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd), sont supérieures aux normes environnementale (Tableau. III.14) ce qui constitue un véritable danger sur l'environnement de la région incluant le sol et les ressources en eau.

Alors que certains métaux lourds ont une concentration qui ne dépasse pas la norme. Tel que le Fer(Fe), le Manganèse(Mn), le Zinc(Zn) et le cuivre(Cu).

### CONCLUSION

L'analyse nous ont permis de conclure les suivant :

- La SAA des zones Est, Ouest et Nord nous a confirmé que la concentration dépasse les normes environnementale tels que le plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd)
- La DRX du sol de la zone :

Est a confirmé l'existence des métaux lourds : Fer(Fe), Cuivre(Cu), Germanium(Ge), Argent(Ag), Plomb(Pb), Antimoine(Sb), Cadmium(Cd).

Ouest a confirmé l'existence des métaux lourds : Thulium(Tm), Vanadium(V), Rhénium(Rh), Tantale(Ta), Argent(Ag), Indium(In), Cuivre(Cu), Zinc(Zn).

Nord a confirmé l'existence des métaux lourds : Titane(Ti), Antimoine(Sb), Germanium(Ge), Cuivre(Cu), Chrome(Cr), Cadmium(Cd), Niobium(Nb).

## Conclusion général

Le site de la carrière EURL Torchi est implanté au niveau de Djebel Mrada, qui est partie intégrante de l'unité Brek et principalement dans la sous unité du Dj. Brek. Le massif du Djebel Mrada domine la sortie sud de la cluse du Brek, il est représenté par un anticlinal à cœur dolomitique déversé vers le NW, la base est représentée par des marnes qui affleurent largement, très froissées, elles sont légèrement schistosées.

L'analyse par diffraction des rayons X de l'échantillon de sole et matière végétal prélever de carrière de Dj. Mrada réalisées dans le cadre de notre étude a permis de mettre en évidence les métaux lourds dominant dans les échantillons des différents zones. Celles-ci sont représentées par :

- Zone Est : le Fer (Fe), Cuivre(Cu), Germanium(Ge), Argent(Ag), Plomb(Pb), Antimoine(Sb), Cadmium(Cd),
- Zone Ouest : Thulium(Tm), Vanadium(V), Rhénium(Rh), Tantale(Ta), Agent(Ag), Indium(In), Cuivre(Cu), Zinc(Zn).
- Zone Nord : Titane(Ti), Antimoine(Sb), Germanium(Ge), Cuivre(Cu), Chrome(Cr), Cadmium(Cd), Niobium(Nb).

Donc ces métaux influent grandement sur l'environnement et l'être humaine

- **sur l'environnement** :dégradation de la végétation

Les végétaux ne support en généralement pas les concentrations élevées en cuivre dans le sol. En effet, le cuivre réagit avec le fer, ce qui provoque une carence en fer pour la plante (chlorose). Plus spécifiquement, l'excès de cuivre dans le sol provoque une réduction de croissance des racines. Un rabougrissement de la plante peut s'ensuivre .Déplus, le cuivre est bactéricide : il réduit l'activité microbienne dans le sol et donc la vitesse de décomposition de la matière organique dans celui-ci. [15]

- **sur la santé de l'homme:**

Les habitants se trouve au côté Nord de la carrière donc en cite les importants métaux :  
**Cd** :Potentiel toxique élevé ; Dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible dose ; Oxydes, chlorures, sulfates et le cadmium sont classés cancérigènes.

**Cr** :Chromates endommagent le système respiratoire pour des expositions à long terme ; Trouble dermatologiques, anémie ; Composés avec du chrome VI responsable d'eczéma ; CrVI cancérigène.

**Cu** :Effet irritant par inhalation, allergie par contact ; Lésion du foie par voie orale sur période longue. [4]

L'analyse par SAA de l'échantillon de l'eau prélevé de carrière de Dj. Marada a permis de mettre en évidence les métaux lourds dominant dans les échantillons des différents zones. Celles-ci sont représentées par :plomb(Pb), le Nickel(Ni) et le cadmium(Cd).

Le problème de l'élimination des métaux lourds est rendu délicat par le fait de leuractivité à des doses souvent très basses. Plusieurs méthodes ont été proposées pourl'élimination de ces métaux, les plus utilisées sont :

- Adsorption ;
- Filtration par membrane ;
- Echange d'ions ;
- Electrocoagulation-floculation ;
- Fixation biologique ;
- Précipitation chimique.

### **Adsorption**

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

### **Séparation par membrane**

Parmi les méthodes développées au cours de ces dernières années, on peut citer les procédés à membranes. Ces derniers ont connu un essor important passant du stade laboratoire au stade industriel.

Ainsi l'osmose inverse, l'ultrafiltration et plus récemment la nanofiltration a été appliquées à l'épuration d'effluents contenant des polluants organiques ou minéraux. En plus le procédé de complexation des cations par un polymère hydrosoluble a fait l'objet de nombreuses recherches sur des effluents contenant  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  et  $Pb^{2+}$ . Les résultats

obtenus ont montré l'efficacité de ce procédé en dépollution des eaux industrielles, mais l'utilisation de ce procédé en dépollution des eaux naturelles est limitée par la présence des ions calcium qui entrent en compétition avec les cations présents.

### **Les résines d'échanges**

Les résines d'échanges sont très populaires, notamment pour épurer les eaux de rinçage en galvanisation. Elles sont relativement peu sélectives et fixent aussi Ca, Mg, Na ; elles sont facilement empoisonnées par les matières organiques. Leur principal inconvénient est que leur régénération produit des saumures qui à leur tour nécessitent un traitement (par exemple une précipitation).

### **Electrocoagulation- floculation**

L'électrocoagulation est l'une des techniques utilisant l'énergie électrique. En électrocoagulation, on utilise des anodes de fer dont la solubilisation électrolytique entraîne la coagulation. Les particules colloïdales sont mises en mouvement sous l'action du champ électrique, ce qui augmente et favorise la floculation. En plus de l'effet de la coagulation-floculation, l'électrocoagulation peut avoir une action sur les composés oxydables (CN ; NO<sup>2-</sup> ; SO<sup>32-</sup>; etc.) ou réductibles de certains polluants tels que les métaux lourds. Le principal inconvénient de cette méthode c'est qu'elle coûte actuellement plus chère que la méthode classique.

### **Fixation biologique**

Les méthodes biologiques de récupération des métaux, appelées biosorption, ont été suggérées comme étant une alternative efficace et économique de traitement des effluents. Des travaux intensifs ont été réalisés en Afrique du sud et notamment en Belgique. En fait des résultats forts variables ont été enregistrés avec des bactéries, des levures, des moisissures et des algues pour la rétention de plusieurs métaux lourds (Ag ; Cd ; Co ; Cr ; Hg ; Pb ; Zn ; Ni). Le pouvoir de rétention est à peu près le même que la biomasse soit qu'elle est vivante ou morte.

### **Précipitation chimique**

La précipitation est une méthode largement utilisée pour éliminer les composés polluants solubles, le plus souvent minéraux présents dans les eaux. On convertira les impuretés en un composé insoluble par ajout d'un précipitant en veillant à satisfaire les conditions physico-chimiques conduisant à une précipitation optimale. On peut alors



aboutir à une séparation quasi parfaite de l'eau et des impurités en précipitant un composé possédant un très faible produit de solubilité. De nombreux précipités métalliques sont peu solubles, en particulier les hydroxydes, les carbonates, les sulfures et les phosphates. Le traitement par précipitation chimique devrait s'adresser surtout aux phosphates et aux sulfures, ces derniers sont même capables d'extraire les métaux de leurs complexes.

L'utilisation de ces précipitants dépend de quelques facteurs dont on doit tenir compte. Ces facteurs sont:

- Le coût du réactif : sur ce plan les carbonates et les hydroxydes sont imbattables.
- La toxicité du réactif dont un excès se retrouvera inévitablement dans les eaux résiduaires. Les sulfures sont défavorisés.
- La séparation du précipité : elle est généralement médiocre pour tous les procédés et ne peut s'effectuer qu'avec l'aide de poly électrolytes ; les boues d'hydroxydes sont légères, très hydratées et flocculantes; les boues de sulfure et de phosphate sont très fines ou même colloïdales.

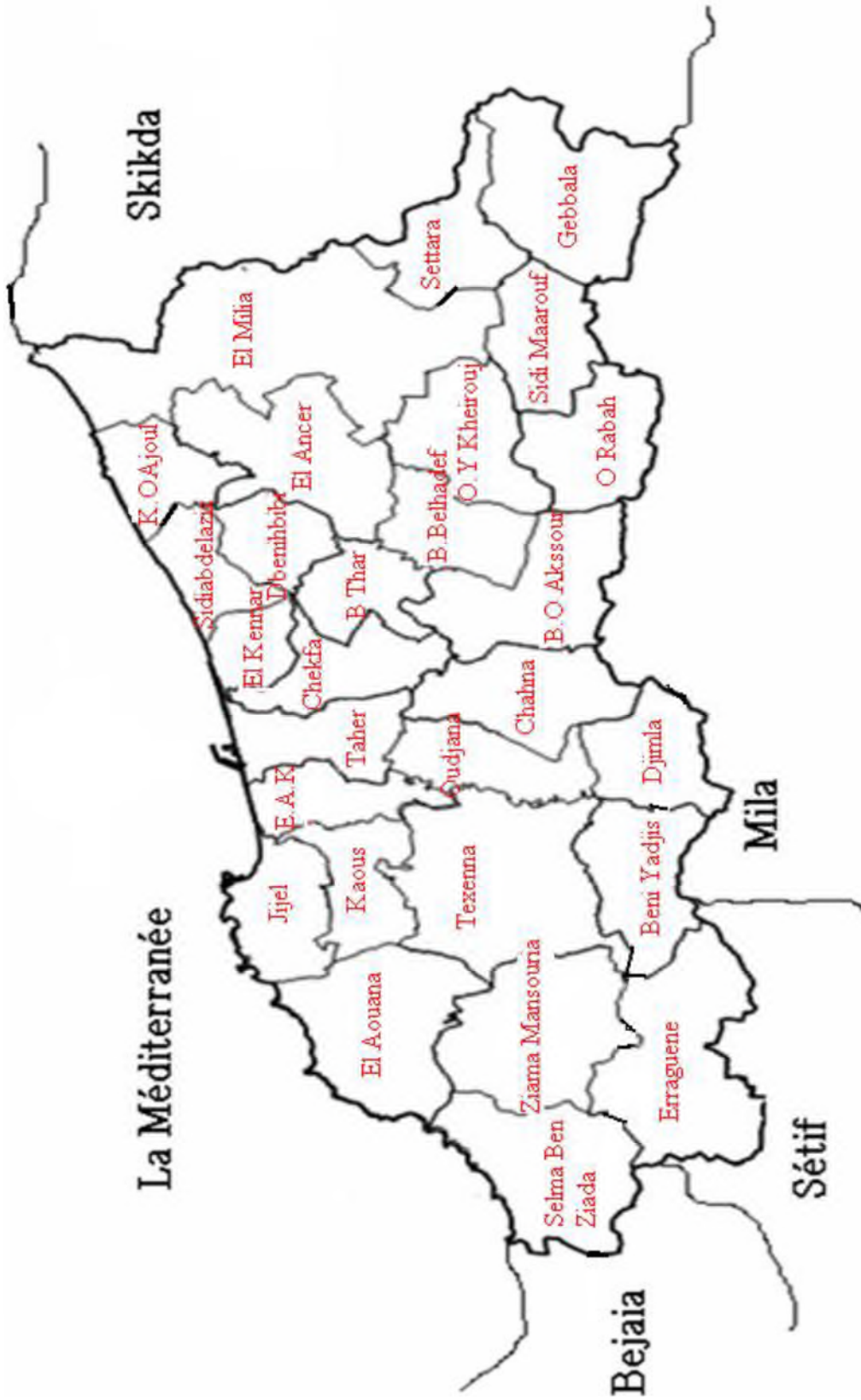
La connaissance de la valeur du pH est essentielle pour savoir si les métaux restent en solution dans l'eau ou s'ils sont précipités sous forme d'hydroxyde. Le pH intervient dans la plupart de ces réactions de précipitation de sorte que le minimum de solubilité n'est pas atteint au même pH pour tous les métaux ce qui complique l'épuration des eaux contenant plusieurs métaux. [15]

## Bibliographie

- [1] : **BOUDJEDJOU.L**, « Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel, thèse magister » Université de Sétif, 2010
- [2] : Office National des Statistiques ONS, 2008. (2014) Fiche technique sur le parc national de Taza.
- [3] : **DMI(2014)**, (Direction des forêts de Jijel) : Rapport environnemental.
- [4] : Site de la wilaya de Jijel (Jijel.online.fr)
- [5] : **Direction d'hydraulique(2014)** : Rapport des services de l'hydraulique.
- [6] : **DGM** (2007), (Direction Générale des Mines) : Bilan des Activités Minières. Volume I, 84p.
- [7] : **DMI(2010)**, (Direction des Mines et des Industries) : Le pourcentage des granulats de différentes carrières. Wilaya de Jijel. 45p.
- [8] : **DMI(2006)**, (Direction des Mines et des Industries). Wilaya de Jijel. Rapport inédit.
- [9] : **Obert, D.** (1981) : Etude géologique des Babors orientaux (Domaine Tellien, Algérie). Thèse de Doc. Univ de Paris.
- [10] : **RGAG.** (Sep 2012) : Rapport Géologique Actualise du Gisement.
- [11] : **AUDIT Environnemental** (Jan 2010).
- [12] : **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.
- [13] : **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.
- [14] : **Melle TIZAOUI.k**, Octobre 2013 : « élimination des métaux lourds en solution aqueuse par des argiles algériennes, thèse magister » Université de Tlemcen,.
- [15] : **Melle GHALIS**, 2008 : « étude de la carbonisation d'un précurseur végétal, les noyaux d'olives. Utilisation dans le traitement des eaux, thèse magister » Université de Skikda.

- [16]: **BENDADA.K, BOULAKRADECHE.M**, 2011 : « Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds, thèse master » Université des sciences et de la technologie houari Boumediene.

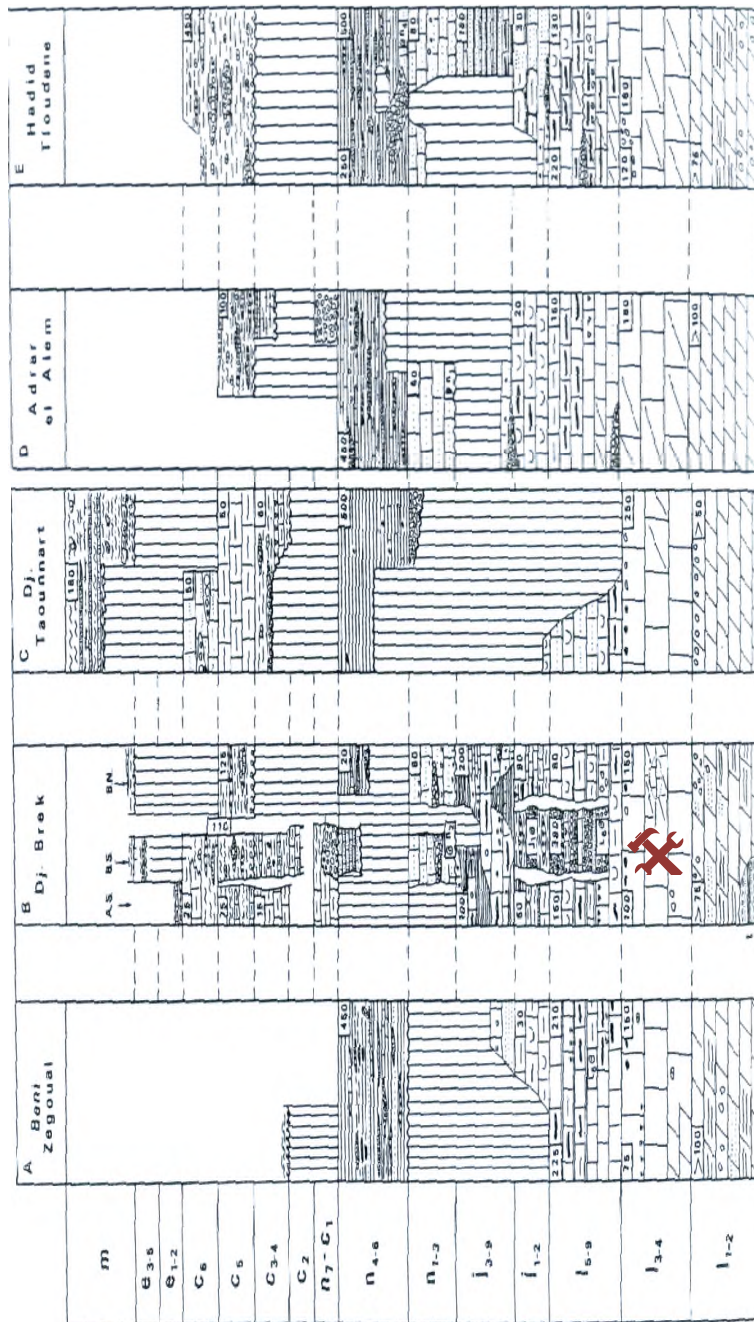
Annexe. I



Annexe. I. Localisation de la région de Jijel au 1/400 000. [1]

# ANNEXE

## Annexe. II



**X**: La carrière de Dj. Mrada (Lias).

Néogène	Méocène	Aquitanien	m
	Eocène	Yprésien-Lutétien	e <sub>3,5</sub>
Paléogène	Paléocène	Danien-Thanétiens	e <sub>1,2</sub>
		Sup	Sénonien
Crétacé	Inf.	Néocomien	Vraconien-Cénomaniens n <sub>7-C1</sub> Barrémien-Albien n <sub>4-6</sub> Borriasien-Hauteriviens n <sub>1-3</sub>
			Sup
Jurassique	Moy	Dogger	Bajocien-Bathonien j <sub>1-2</sub>
	Inf.	Lias	Domérien-Aaléniens l <sub>5-9</sub> Sinémuriens l <sub>3,4</sub> Hettangiens l <sub>1-2</sub>

**Annexe. II. Résumé stratigraphique de l'unité du Brek**  
(Source de du coupe géologique de djebel Merada)

## **RESUME**

La carrière de djebel Marada à Ziama mansouriah produit des granulats de différents types et qualité, elle se situé dans une région montagneuse et forestière près d'une grande Habitation, elle génère par conséquence des rejets riches en métaux lourds ce qui constitue un véritable danger sur l'environnement, dans l'étude que nous avons fait une étude d'impacts sur l'environnement qui nous a permis d'obtenir des résultats confirmant le danger environnemental sur la faune et la flore qui menace la région.

### **Mots clé :**

Marada, Environnement, Granulat, Impact, Rejet, Métaux lourds.

## **ABSTRACT**

The career of djebel Marada in Ziama mansouriah produces aggregates of various types and quality, it located in a mountainous area and foresters close to a large Dwelling, it generates by consequence of the rejections rich in heavy metals what constitutes a true danger on the environment, in the study that we made an impact study on the environment which enabled us to obtain results confirming the environmental danger on fauna and the flora which threatens the area.

### **Key words :**

Marada, Environment, Aggregates, Impact, Rejections, Heavy Metals.