

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur

Et de la recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences

de la nature et de la vie

Département d'Écologie & Environnement

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة

وعلوم الطبيعة و الحياة

قسم علم البيئة و المحيط



ECO.13105

جامعة محمد الصديق بن يحيى  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
المكتبة  
رقم الجرد : 1475

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

En écologie végétale et environnement

Option : PATHOLOGIE DES ECOSYSTEMES

01  
01

# Thème

**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DES TENEURS TOTALES  
EN METAUX LOURDS DES SOLS DE LA DECHARGE  
PUBLIQUE DE TIREKEF WILAYA DE MILA**

Members de jury :

Présidente: M<sup>lle</sup> H. Lemzari

Examineur: M<sup>r</sup> A. Krika

Encadreur: M<sup>lle</sup> S. Habila

Présenté par :

- AMEL TORCHI

- HABIBA LOUCIF



Nombre d'ordre :



Promotion - 2009

## Remerciements

*Louange Allah, le tout puissant, qui a permis à ce travail  
de voir le jour.*

*Nous remercions nos parents, pour tout leur amour, leur  
encouragement, et leur soutien ...*

*Nous tenons à remercier chaleureusement et respectivement,  
notre encadreur MLLÉ habila safia*

*Non seulement pour son aide et orientations tout au long de  
notre travail, mais aussi pour son esprit d'encadrement et sa  
volonté.*

*Notre témoignage le plus ardent et nos sincères remerciements  
vont également aux membres de jury:*

*Mlle lamzeri houria et monsieur krika abd el rzak, pour leur  
disponibilité.*

*Nos vifs remerciements vont à tous les enseignants qui nous  
ont suivis durant nos 5 ans d'études.*

*A tous nos collègues de la promotion 2009*

*Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes personnes  
ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce  
mémoire.*

*Amel et Habiba*



<b>INTRODUCTION</b> .....	01
<b>NOTION DE DECHETS</b> .....	02
<b>I.1. Définition</b> .....	02
<b>I.2. les types de déchets</b> .....	02
<b>I.2.1. Les déchets urbains ou domestiques</b> .....	02
a- les ordures ménagères.....	02
b- les autres déchets urbains.....	03
<b>I.2.2. Les déchets industriels</b> .....	03
a. les déchets inertes.....	03
b. Les Déchets Industriels Banals (D.I.B.).....	03
c. les Déchets industriels spéciaux (D.I.S).....	03
<b>I.2.3. Les déchets agricoles</b> .....	03
<b>II. Notion de décharge</b> .....	04
<b>II.1. Définition</b> .....	04
<b>II.1.1. Décharges réglementées (contrôlée)</b> .....	04
<b>I.2. Types de décharges</b> .....	04
<b>II.2.2. Décharges brutes</b> .....	04
<b>II.2.3. Les décharges sauvages</b> .....	04
<b>III. Les polluants produits par la décharge</b> .....	05
<b>III.1. Le lixiviat</b> .....	05
<b>III.2. biogaz</b> .....	05
<b>IV. Les métaux lourds</b> .....	06
<b>IV.1. Définition</b> .....	06
<b>IV.2. propriété physique et chimique</b> .....	06
a).La solubilité.....	06

b) .La volatilisation.....	06
c).Persistance.....	06
<b>IV.3. Origine et source des métaux lourds.....</b>	<b>06</b>
<b>IV.3.1. le fond géochimique.....</b>	<b>06</b>
<b>IV.3.2. les dépôts atmosphériques.....</b>	<b>07</b>
<b>a. Les émissions naturelles.....</b>	<b>07</b>
<b>b. Les émissions anthropiques.....</b>	<b>07</b>
<b>IV.3.3. les apports agricoles.....</b>	<b>07</b>
<b>IV.3.4. les eaux usées industriels et domestiques.....</b>	<b>07</b>
<b>IV.3.5.les décharges publiques.....</b>	<b>07</b>
<b>IV.4. Devenir et répartition des métaux lourds dans l'environnement.....</b>	<b>08</b>
<b>IV.4.1. La complexation.....</b>	<b>08</b>
<b>IV.4.2. La l'adsorption / désorption.....</b>	<b>08</b>
<b>IV.4.3. Précipitation/ Co-précipitation.....</b>	<b>08</b>
<b>IV.5. La toxicité et la biodisponibilité des métaux lourds.....</b>	<b>09</b>
<b>IV.5.1.La biodisponibilité.....</b>	<b>09</b>
<b>IV.5.2. Toxicité des métaux lourds.....</b>	<b>09</b>
<b>V. Les métaux étudiés.....</b>	<b>09</b>
<b>V.1. Le cadmium.....</b>	<b>09</b>
<b>V.1.1.Généralité.....</b>	<b>09</b>
<b>V.1.2.Origine du cadmium dans l'environnement.....</b>	<b>09</b>
<b>a. Sources naturelles.....</b>	<b>10</b>
<b>b. Sources anthropiques.....</b>	<b>10</b>

V.1.3. Toxicité du cadmium.....	10
a. Toxicité aigue.....	10
b. toxicité chronique.....	10
V.2. Le chrome.....	10
V.2.1. Généralité.....	10
V.2.2. Origine du chrome dans l'environnement.....	10
a. Sources naturelles.....	10
b. Sources anthropiques.....	11
V.2.2. Toxicité du chrome.....	11
a. Toxicité aigue.....	11
b. Toxicité chronique.....	11
V.3. Le plomb.....	11
V.3.1. Généralité.....	11
V.3.2. Origine du plomb dans l'environnement.....	12
a. Sources naturelles.....	12
b. Sources anthropiques.....	12
V.3.3. Toxicité du plomb.....	12
a. Toxicité aigue.....	12
b. Toxicité chronique.....	12
V.4. Le zinc.....	12
V.4.1. Généralité.....	12
V.4.2. Origine du zinc dans l'environnement.....	13
a. Sources naturelles.....	13
b. Sources anthropiques.....	13
V.4.3. Toxicité de zinc.....	13

a. Toxicité aigue.....	13
b. Toxicité chronique.....	13

## MATERIELS ET METHODES

I. Présentation de la zone d'étude.....	14
I.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	14
I.2. Climatologie.....	14
I.3. Hydrographie.....	15
I.4. Le couvert végétale.....	15
I.5. Topographie et Géologie de la zone d'étude.....	16
I.6. Description de site.....	16
I.7. Description de l'état actuelle de décharge.....	17
II. Echantillonnage et technique de mesure.....	20
II.1. Choix des stations et campagnes des prélèvements.....	20
II.2. Prélèvement des échantillons du sol au niveau des stations.....	21
II.3. Préparation des échantillons du sol.....	21
III. Analyse de sol.....	21
III.1. Caractérisation physicochimique des sols.....	21
III.1.1. La granulométrie.....	21
III.1.2. Mesure de pH.....	21
III.1.3. Mesure de la conductivité électrique.....	22
III.1.4. Dosage de La matière organique (méthode de walkly-blak modifiée).....	22
III.1.5. La capacité d'échange cationique (méthode AFNOR 1994).....	22
III.1.6. Dosage du calcaire total.....	22
III.1.7. Extraction des métaux lourds totaux (l'eau égale).....	23

<b>III.1.7.1.</b> Dosage des métaux lourds par la SAA.....	23
<b>III.1.7.2.</b> Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).....	23
a) La source de radiation.....	23
b) Le système d'atomisation.....	23
<b>III.1.7.3.</b> L'analyse statistique.....	24

## RESULTATS ET INTERPRETATION

<b>I.</b> Résultats d'enquête sur terrain.....	25
<b>II.</b> Résultats d'analyse de sol.....	27
<b>II.1.</b> L'analyse granulométrique.....	27
<b>II.2.</b> Le pH.....	27
<b>II.3.</b> La conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ ).....	28
<b>II.4.</b> La matière organique (%).....	29
<b>II.5.</b> La capacité d'échange cationique (még/100g).....	31
<b>II.6.</b> Le calcaire total $\text{Ca CO}_3$ (%).....	32
<b>II.7.</b> Les métaux lourds.....	33
<b>II.7.1.</b> Cadmium (ppm).....	33
<b>II.7.2.</b> Chrome (ppm).....	34
<b>II.7.3.</b> Le plomb.....	35
<b>II.7.4.</b> Le zinc (ppm).....	36

## DISCUSSION

<b>I.1.</b> La granulométrie.....	38
<b>I.2.</b> Le pH.....	38
<b>I.3.</b> La conductivité électrique.....	38
<b>I.4.</b> Matière organique.....	39
<b>I.5.</b> La capacité d'échange cationique.....	39

---

<b>I.6. Le calcaire total</b> .....	39
<b>I.6. Les métaux lourds</b> .....	40
<b>I.6.1. Le cadmium</b> .....	40
<b>I.6.2. Chrome</b> .....	41
<b>I.6.3. Le plomb</b> .....	41
<b>I.6.4. Le zinc</b> .....	41
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	42
Références bibliographiques.....	44
Annexes.....	I



## LISTE DES ABREVIATIONS

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**ANOVA** : Analyse de variance.

**Cd** : Cadmium.

**CE** : Conductivité électrique.

**CEC** : Capacité d'échange cationique.

**Cr** : Chrome.

**D.A.S** : Déchets d'activité de soins.

**D.A.S.R.I** : Déchets d'activité de soins à risques infectieux.

**D.H** : Déchets hospitaliers.

**D.I.B** : Déchets industriels banales.

**D.I.S** : Déchets industriels spéciaux.

**E.T.M** : les éléments traces métalliques.

**F.A.U** : Films agricoles usagés.

**Mn** : Manganèse.

**M.O** : Matière organique

**Pb** : Plomb.

**ppm** : partie par million.

**P.P.N.U** : Produits phytosanitaire non utilisables.

**r** : coefficient de corrélation.

**SAA** : Spectrophotométrie d'absorption atomique.

**St** : Station.

**Zn** : Zinc.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Impact de la décharge sauvage sur l'environnement.....	05
<b>Figure 02</b> : la situation géographique de la commune de Ferdjioua.....	14
<b>Figure 03</b> : Le diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région de la Ferdjioua.....	15
<b>Figure 04</b> : principe de fonctionnement de la S.A.A.....	24
<b>Figure 05</b> : Distribution spatiale de pH dans le sol de la décharge de Tire Kef (mars-avril2009).....	28
<b>Figure 06</b> : Distribution spatiale de la conductivité électrique dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril 2009).....	29
<b>Figure 07</b> : Distribution spatiale de la matière organique dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril 2009).....	30
<b>Figure 08</b> : Distribution spatiale de la capacité d'échange cationique dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril 2009).....	31
<b>Figure 09</b> : Evolution spatiale de calcaire total dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril-2009).....	32
<b>Figure 10</b> : Distribution spatiale du cadmium dans les sols de décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	33
<b>Figure11</b> : Distribution spatiale du chrome dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril2009).....	34
<b>Figure 12</b> : Distribution spatiale du plomb totale dans les sols de décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	35
<b>Figure 13</b> : distribution spatiale du zinc dans les sols de décharge de Tirekef (mars - avril 2009).....	37

## LISTE DES TABLEAU

<b>Tableau 01</b> : les températures et la précipitation moyennes mensuelles (septembre 2003 avril 2009).....	15
<b>Tableau 02</b> : résultats de la granulométrie et classes texturales.....	27
<b>Tableau 03</b> : Distribution spatiale de pH dans le sol de la décharge de Tirekef (mars-avril 2009).....	28
<b>Tableau 04</b> : Distribution spatiale de La conductivité électrique dans le sol de la décharge de Tirekef. (Mars- avril 2009).....	29
<b>Tableau 05</b> : Distribution spatiale de la matière organique dans le sol de la décharge de Tirekef. (Mars- avril 2009).....	30
<b>Tableau 06</b> : Distribution spatiale de la capacité d'échange cationique dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril 2009).....	31
<b>Tableau 07</b> : Evolution spatiale de calcaire total dans les sols de la décharge de Tirekef (mars- avril 2009).....	32
<b>Tableau 08</b> : Evolution spatiale des teneurs en cadmium total dans les sols du décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	33
<b>Tableau 09</b> : Evolution spatiale des teneurs du Chrome dans les sols de la décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	34
<b>Tableau 10</b> : Evolution spatiale des teneurs du plomb dans les sols de la décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	35
<b>Tableau 11</b> : Evolution spatiale des teneurs du zinc dans les sols de la décharge de Tirekef (mars -avril 2009).....	36
<b>Tableau 12</b> : Comparaison des concentrations des métaux lourds du sol de la décharge de Tirekef avec les données d'autres décharges.....	40

A decorative rectangular frame with rounded corners and a double-line border, containing the title text.

# Introduction

## INTRODUCTION

De puis des siècles, l'homme a vécu dans une harmonie avec son milieu dans lequel il évolue. Toutefois, le progrès survenu dans tous les domaines technologiques et économiques a engendré la fragilisation de la relation entre l'homme et son environnement. Actuellement l'espace est agressé par des pollutions nombreuses, liées aux activités humaines et par l'épuisement des ressources notamment non renouvelables.

Durant ces dernières décennies, l'Algérie a connue un développement économique et social important, accompagnés d'une forte croissance démographique, Chose qui favorise une production excessive des déchets, et une multiplication des grandes décharges sauvages un peu partout, autour des grandes villes. Sans compter celles qui naissent et grandissent, d'elle-même dans les terrains vagues et à l'intérieure des villes.

Ces décharges publiques ont causé beaucoup de problèmes à l'environnement. Les métaux lourds issus de ces décharges, sont pour la plupart très dangereux. Lorsque ceux-ci parviennent à contaminer les sols voisinages de décharges et causer une pollution des eaux souterraines.

La décharge de Tirekef est l'une des nombreuses décharges incontrôlées de l'Algérie. Elle reçoit essentiellement des déchets solides d'origine urbaine et industrielle, stockés directement sur le sol. A cet effet, cette étude se propose d'évaluer les teneurs totales en éléments traces (Pb, Cd, Zn, et Cr) présents dans les sols de la décharge, et indiquer leur risque de contamination sur les ressources en eau (oued Bousslah) et sur la santé des populations.

Pour réaliser cette étude, le dosage de ces métaux doit être complété par les analyses physico-chimiques ; pH, CE, CEC, MO, CaCO<sub>3</sub>, et la granulométrie. Ce sont des paramètres ayant une influence directe ou indirecte sur le degré de toxicité de ces éléments.

Notre étude s'articule sur quatre chapitres principaux :

- ✦ le premier chapitre s'attachera à l'étude bibliographique des différents types des déchets, des décharges, et de la contamination métallique.
- ✦ le deuxième chapitre sera consacré à l'étude expérimentale et les techniques d'analyse.
- ✦ le troisième chapitre sera consacré aux résultats et interprétation.
- ✦ le quatrième chapitre sera réservé à la discussion des résultats obtenus.
- ✦ En fin, le travail sera clôturé par une conclusion générale.



# Synthèse bibliographique

## **I. Notion de déchet**

### **I.1.définition**

Un déchet est défini comme << tout résidu d'un processus de production de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien nuisible abandonné, ou que son détenteur destine à l'abandonne et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la faune et la flore, à dégrader les sites ou les paysages, à engendrer les bruits ou des odeurs, et d'une façon générale à porter atteinte à la santé de l'homme et de l'environnement. >>[01].

### **I.2.Les types de déchets**

#### **a- Les ordures ménagères**

Ce sont les déchets de l'activité domestique, des ménages, pris en compte par la collecte traditionnelle [02].

#### **b- Les autres déchets urbains**

Ils sont très variés et abondants, On peut citer :

1. les encombrants : la commune ou le groupement de communes est chargé d'organiser l'élimination des déchets des ménages encombrants ou volumineux [03].
2. Les déchets liés à l'automobile (carcasse de voiture, batteries, huiles de vidange), et les déchets du nettoyage des rues et des marchés [04].
3. Les boues des stations d'épuration des eaux usées
4. Les déchets verts : (élagage, marché de fruits et légumes) [05].
5. Les déchets hospitaliers : **D.H**

Les déchets hospitaliers ou déchets d'activité de soins (DAS), sont des déchets spécifiques des activités du diagnostic, de suivi et de traitements préventif, curatif, ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire... etc.

Les déchets d'activité de soins à risques infectieux (DASRI), sont classés comme des déchets dangereux [06].

Les déchets contaminés doivent être incinérés, sauf s'ils ont subi un pré traitement réalisé par un procédé de désinfection autorisé réglementairement [03].

6. Les déchets toxiques : Ce sont essentiellement les piles, les produits phytosanitaires inutilisés, les solvants provenant des artisans, laboratoires d'analyses, établissements et les ménages [02].

### **I.2.2. Les déchets industriels**

Tous déchets issus des activités industrielles, peuvent être classés en trois catégories :

**a. L**

**b. Les déchets inertes**

Ce sont des déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique. Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et n'ont aucun effet dommageable sur d'autres matières avec lesquels ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Les déchets inertes sont majoritairement produits par les entreprises du BTP : pierres, tuiles, Briques, céramiques, béton... [07]

**b. Les Déchets Industriels Banals (D.I.B.)**

Les Déchets Industriels Banals sont produits par des entreprises et par leur nature (ni inertes, ni dangereux), peuvent techniquement être traités ou stockés dans les mêmes installations que les déchets ménagers.

Exemple : les métaux, les verres spéciaux, le bois, les plastiques... [08]

Les Déchets d'origine industrielle ou commerciale contenant les mêmes composants que les ordures ménagères, mais en propriétés différentes [09].

**c. Les Déchets industriels spéciaux (D.I.S)**

Ce sont des déchets qui, en raison de leurs propriétés dangereuses, figurent sur une liste fixée par décret et ne peuvent pas être déposés dans des installations de stockage recevant d'autres catégories de déchets [10]. Ce sont des déchets dangereux, soit par ce qu'ils contiennent des éléments polluants (chrome, mercure, arsenic...), soit en raison de leurs propriétés (écotoxique, inflammable explosif...). Ces déchets proviennent essentiellement, par exemple de l'industrie pharmaceutique, métallurgique, pétrochimique, de l'industrie de verre ; entre autre on trouve des goudrons, des solvants organiques des résidus chimiques organiques et d'autres déchets comme les acides, les bases, et les sels de métaux lourds [11].

### **I.2.3. Les déchets agricoles**

Les déchets agricoles sont produites par l'élevage, les cultures ou encore les machines agricoles [12].

- Les activités agricoles génèrent principalement les types de déchets suivants ;



- Les sacs ou les bidons vides d'engrais, d'herbicides, et de pesticides.
- Les phytosanitaires non utilisables (PPNU) correspondent aux stocks de produits périmés. (Déchets dangereux).
- Les films agricoles usagés (FAU), ces films ont la particularité d'être le plus souvent souillés par de la terre.
- Les résidus liés aux activités d'élevage.
- Les déchets verts des cultures ou de l'exploitation forestière [06].

## **II. Notion de décharge**

### **II.1. Définition**

La décharge peut être définie comme le lieu de stockage des déchets ou zones dans les quelles sont déposés des déchets domestiques ou industriels [09, 13].

### **II.2. Types de décharges**

On peut distingues trois types de décharges :

#### **II.2.1. Décharges réglementées (contrôlée)**

Décharge faisant l'objet d'une surveillance régulière afin d'éviter une pollution de l'environnement par les déchets qui y sont stockés [14]. Elle désigne toute installation où les déchets sont stockés définitivement et sous surveillance [15].

#### **II.2.2. Décharges brutes**

C'est-à-dire des décharges de déchets ménagers exploités par des entreprises ou des collectivités locales, alors même qu'elles ne bénéficiaient d'aucune autorisation préfectorale. Ce type de décharges risque de polluer fortement les eaux souterraines et les eaux de surface car les eaux issues des précipitations traversent les déchets et entraînent les polluants qu'ils contiennent dans le sous sol [16].

### **2.3. Les décharges sauvages**

Les décharges sauvages sont installées sur des terrains communaux et sur des sites choisis au hasard sans aucune étude d'impact [17].

Elles sont constituées de dépôts qui résultent d'apports clandestins par des particuliers ou des entreprises, sans autorisation communale, ni préfectorale, pour se débarrasser des déchets non pris en charge par les services traditionnels de collecte des ordures ménagères. Les déchets sont de toutes natures (banals, dangereux, toxiques) sont déposés dans des conditions qui ne respectent pas

les règles des décharges contrôlées. Les impacts sur l'environnement (Figure : 01), non gérés, sont nombreux et peuvent concerner la pollution des sols, la pollution des eaux, etc... [18,19].

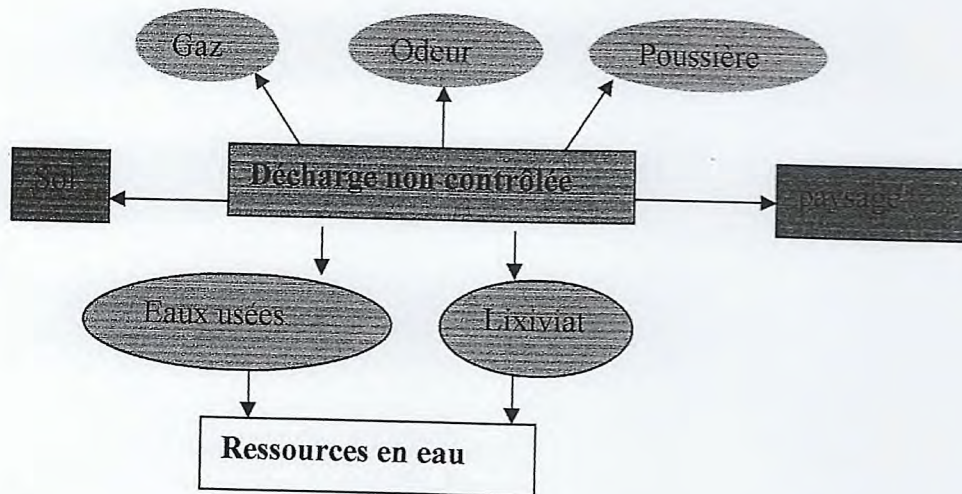


Figure 01 : Impact de décharges sauvages sur l'environnement [20].

### III. Les polluants produits par la décharge

La présence de décharges publiques dans le milieu naturel peut produire plusieurs types de polluants tel que :

#### III.1. Le lixiviat

Ce sont des effluents du lessivage des matériaux naturels ou artificiels contenus dans les sols ou dans des décharges [21]. Ce terme désigne notamment tous les « jus » issus de décharges, de déchets, de composts....etc. En se chargeant mécaniquement, bactériologiquement mais surtout chimiquement en substances minérales et organiques [22,23]. Par extraction des composés solubles (lixiviation facilitée par la dégradation biologique de déchets), ils soulèvent de redoutables problèmes de contamination des nappes phréatiques [21].

#### III.2. Biogaz

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en absence d'oxygène. Cette fermentation appelée aussi « méthanisation » se produit naturellement (dans les marais) ou spontanément dans les décharges contenant des déchets organiques [06].

## IV. Les métaux lourds

### IV.1. Définition

Le terme métaux lourds a une définition assez large. On parle généralement de métaux lourds, pour les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique supérieure à  $5\text{kg/dm}^3$ , ou  $5\text{g/cm}^3$ . Quarante et un métaux correspondent à cette définition générale aux quels il faut ajouter cinq métalloïdes. Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. Certains d'entre eux sont bénéfiques à faibles doses et ont des caractères toxiques à dose trop élevée ; c'est le cas de cuivre, de zinc, et de manganèse... etc. D'autre comme le cadmium, le plomb, le mercure, l'arsenic sont toxiques au-delà d'une certaine dose et n'ont pas de caractère indispensable pour le bon fonctionnement d'organisme [24, 25, 26].

### IV.2. Propriété physique et chimique

#### a).La solubilité

La solubilité des métaux lourds dépend de l'élément, des conditions chimique de la phase aqueuse (PH, potentiel d'oxydoréduction, concentration en ligands), et des phases solides environnantes. La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation, c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome [27].

#### b) .La volatilisation

Les métaux sont considérés comme non volatils sauf le mercure dont le point d'ébullition est de  $357^\circ\text{C}$  à une pression de  $101\text{kPa}$  [27].

#### c).Persistance

Contrairement à de nombreux autres polluants, les ETM ne peuvent être éliminés ou dégradés par décomposition. Ils présentent donc un caractère persistant, indépendamment du fait qu'ils peuvent se trouver dans le sol sous différentes formes [28].

### IV.3. Origine et source des métaux lourds

#### IV.3.1. Le fond géochimique

C'est par définition la teneur <<naturelle ou originelle>> en éléments traces présents dans les sols sans intervention humaine. Elle dépend d'abord de la teneur présente dans la roche originelle constituant le sol. Mais également des processus qui sont intervenus lors des périodes géologiques de formation du sol. Qui ont pu lessiver ou plus généralement concentrer ces éléments [29, 30].

### IV.3.2. Les dépôts atmosphériques

L'atmosphère constitue un récepteur géochimique et un milieu de transport préférentiel pour de nombreux éléments traces, faisant par ailleurs partie intégrante du cycle biogéochimique des métaux.

La présence des éléments traces métalliques dans l'atmosphère résultent de deux types de processus naturels et les processus anthropique [31].

#### a. Les émissions naturelles

Les principales sources d'ETM dans les aérosols atmosphériques proviennent des particules éoliennes arrachées aux sols, des volcans, des embruns marins et des incendies de forêts [32].

#### b. Les émissions anthropiques

En général, les métaux lourds proviennent de la combustion du charbon, pétrole, ordures ménagères et de certains procédés industriels particuliers. Ils sont principalement issus des usines d'incinération de déchets et du trafic automobile [33].

### IV.3.3. Les apports agricoles

Les pratiques agricoles sont aussi à l'origine de la pollution de l'environnement par les métaux lourds suite à l'utilisation des produits chimiques ou organiques, pour :

- ✦ maintenir ou améliorer le potentiel de fertilité (les engrais chimiques, les effluents d'élevage, et les boues de station d'épuration).
- ✦ Pour lutter contre l'acidité du sol (amendements des carbonates riches en : Sr, F, Mn. et Zn).
- ✦ et pour lutter contre les ennemies des cultures (pesticides à base des métaux lourds [34].

### IV.3.4. Les eaux usées industriels et domestiques :

Les rejets urbains se composent des effluents d'origine domestique et municipale qui peuvent être chargées par les métaux lourds [35].

### IV.3.5. Les décharges publiques :

Les concentrations les plus importantes des métaux lourds dans les sols sont liées au stockage de déchets industriels et urbains (décharge publique) [27]. En effets les métaux se trouvent dans tous les compartiments des déchets : les papiers, les plastiques, les putricibles, et surtout les « éléments fines », c'est-à-dire les éléments inférieures a 2 cm dans les quels, on trouve beaucoup de métaux lourds, les piles (au mercure et au cadmium), les capsules de surbouchage (au plomb), les débris de lampe thermomètre (au mercure) [25].

#### IV.4. Devenir et répartition des métaux lourds dans l'environnement

L'étude de la toxicité des ETM passe par la spéciation. C'est-à-dire l'étude de la distribution ou la répartition des différentes formes chimiques d'un élément dans la solution du sol [36, 37]. La spéciation d'un élément trace dépend des variables environnementales et des processus physico-chimiques aux quels il est soumis dans le milieu considéré.

On trouve les processus d'adsorption / désorption, les réactions de complexation, les réactions d'échange de surface et les phénomènes de (Co) précipitations [38].

##### IV.4.1. La complexation :

Les ions métalliques peuvent être complexés avec la matière organique du sol par association entre les cations métalliques et les groupes fonctionnels des substances humiques. Les groupes de surface de ces substances se comportent comme des ligands organiques et des ligands inorganiques complexants [39].

##### IV.4.2. La l'adsorption / désorption

Selon Sposito[40]: L'adsorption au sens strict est définie comme l'accumulation de matière à l'interface entre la phase aqueuse et un adsorbant sans développement d'un arrangement moléculaire tridimensionnel.

Deux types d'adsorption sont impliqués dans la rétention des métaux lourds : la physisorption et la chimisorption. La première catégorie correspond à des ions associés aux minéraux argileux et aux substances humiques. Les ions de la deuxième catégorie sont associés aux surfaces d'oxydes et hydroxydes métalliques, aux bords des feuillets des minéraux argileux et aux substances humiques Selon Calvet [41].

##### IV.4.3. Précipitation/ co-précipitation

La précipitation traduit les phases solides, soit par un accroissement de la surface du solide soit par la formation d'un nouveau solide à l'interface solide/liquide selon un arrangement tridimensionnel [39]. Dans le milieu naturel les métaux lourds précipitent principalement, sous formes d'hydroxydes, de carbonates, de phosphates, de chlorures ou de sulfures [42]. Selon l'équation :



La précipitation peut être considérée comme la précipitation simultanée d'une espèce chimique en conjonction avec d'autres éléments [43].

La précipitation comme la co-précipitation sont des phénomènes réversibles, pouvant intervenir à la fois dans les procédés de rétention ou de désorption des éléments traces métalliques, car ils dépendent des paramètres

pouvant être modifiés lors de changement des conditions physicochimiques du milieu, comme le pH et la concentration des éléments en solution [42].

#### **IV.5. La toxicité et la biodisponibilité des métaux lourds**

##### **IV.5.1. La biodisponibilité**

Selon **Claude et al** [44], la biodisponibilité peut se définir comme l'aptitude d'un élément trace à passer dans un compartiment du sol dans le quel il sera directement assimilable par un être vivant. Dans le cas des plantes, on utilise le terme de phytodisponibilité [45].

La biodisponibilité et phytodisponibilité sont des potentiels résultent de l'interaction de 3 séries de facteurs :

- espèces chimiques présentes dans la solution du sol (nature et concentration).
- espèce et variété de l'organisme vivant considéré (génome).
- propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol [46].

##### **IV.5.2. Toxicité des métaux lourds**

De précédentes études ont déjà montré que l'accumulation des métaux dans les sols à pour conséquence des effets préoccupants sur l'équilibre des écosystèmes et sur leurs populations [47]. Beaucoup de métaux à faible teneur, sont nécessaires à l'organisme (Cuivre, Manganèse, Zinc...), mais deviennent toxiques à forte dose. Certains sont cancérogènes (Chrome, Nickel, Arsenic...), d'autres ont une action sur la synthèse de l'hémoglobine (Plomb), sur les reins (Cadmium), ou sur le système nerveux central (Mercure) [37].

#### **V. Les métaux étudiés**

##### **V.1. Le cadmium**

###### **V.1.1. Généralité**

Le cadmium est un métal relativement mou et déformable, blanc argent légèrement bleuté. Le cadmium élémentaire a un numéro atomique de 48, une masse atomique de 112.4g/mol et une masse volumique de 8.6g/cm<sup>3</sup> à 20°C [48, 49].

###### **V.1.2. Origine du cadmium dans l'environnement**

L'origine du cadmium peut être naturelle ou anthropique:

### **a. Sources naturelles**

Le cadmium stable est présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre à des concentrations moyennes comprises entre 0.1 et 1 mg/kg. Il peut être dispersé dans l'air par entraînement des particules provenant du sol et par les éruptions volcaniques [50]. Aussi que les principaux minerais cadmifères sont les sulfures de zinc, la sphalérite et la wurtzite dans lesquels le cadmium constitue une impureté [50, 51].

### **b. Sources anthropiques**

Les activités métallurgiques, la combustion des produits pétroliers et de charbon, l'incinération d'ordures ménagères et les engrais phosphatés sont à l'origine de la contamination de l'atmosphère par le cadmium [52].

## **V.1.3. Toxicité du cadmium**

### **a. Toxicité aiguë**

Une exposition de courte durée à de fortes concentrations de poussières ou de fumées de composés de cadmium est irritante pour les cellules des systèmes respiratoires et gastro-intestinales [53]. Un cas d'intoxication aiguë (600ug/j) est illustré par la maladie des os d'Itai -Itai (japon), causée par la contamination de l'eau de cuisson du riz par des rejets de cadmium venant d'une mine de zinc proche [54].

### **b. Toxicité chronique**

Le principal organe cible est le rein, l'exposition chronique au cadmium entraîne l'apparition d'une néphropathie irréversible pouvant évoluer vers une insuffisance rénale [50].

## **V.2. Le chrome**

### **V.2.1. Généralité**

Le chrome est un élément métallique gris de symbole Cr qui peut avoir un aspect très brillant, son numéro atomique est 24, ce métal a une forme dure et ductile, une couleur argentée, son point de fusion est de 1857°C, son point d'ébullition est de 2672°C, et sa densité est de 7.19 à 20°C [55].

### **V.2.2. Origine du chrome dans l'environnement**

#### **a. Sources naturelles**

Le chrome se trouve rarement dans la nature sous sa forme élémentaire, la concentration moyenne du Cr serait comprise selon les auteurs entre 100 et 200mg/kg dans la croûte terrestre, et 35 à 80 mg/kg pour le cas particulier de croûte continentale supérieure, mais cette concentration

varie grandement selon le type de roches. Les roches magmatiques ultrabasiqes (dermite, serpentinite, péridotite) sont connues pour être extrêmement riches en chrome [56].

### **b. Sources anthropiques**

Le chrome est largement utilisé en métallurgie pour la production d'alliages et d'aciers inoxydables, dans les peintures, le tannage, et dans l'industrie (en générale dichromates) [57].

### **V.2.3. Toxicité du chrome**

Il existe deux types de chrome ; le chrome hexa valent, et le chrome trivalent.

Le chrome hexa valent est plus toxique que le chrome trivalent. Ce dernier est un constituant essentiel du facteur de tolérance au glucose [56].

#### **a. Toxicité aigue**

Il y a un risque cancérogène important pour les embryons et fœtus, en ce qui concerne le chrome hexa valent. Les effets toxiques du chrome trivalent n'ont pas encore été démontrés [58]. Aussi l'ingestion des sels de chrome entraîne une inflammation massive de l'appareil digestif suivi d'une nécrose s'étendant de la bouche au jéjunum (douleur abdominale vomissement, diarrhées, hématurie) [56].

#### **b. Toxicité chronique**

Les intoxications chroniques peuvent entraîner des altérations du tube gastro-intestinal, le composé peut s'accumuler dans le foie, les reins, la glande thyroïde et la moelle osseuse [58]. On peut observer des rhinites chroniques avec saignement de nez, des laryngites et des pharyngites aussi que des ulcérations bronchiques et de bronchite rebelles [53].

### **V.3. Le plomb**

#### **V.3.1. Généralité**

Le plomb est un élément métallique dense et ductile d'un gris bleuâtre, de symbole Pb de numéro atomique 82. Le plomb fait partie du groupe 14 du tableau périodique des éléments [59]. Son point de fusion est de 327°C, et sa densité 11.34 g/cm<sup>3</sup> [38].

Le plomb métallique est mou, malléable et ductile, on le met facilement en forme lorsqu'il est chauffé à température modérée [60].



### V.3.2. Origine du plomb dans l'environnement

#### a. Sources naturelles

Le plomb peut provenir de sources naturelles comme les volcans, il est concentré dans les gisements de sulfure où il communément rencontré sous la forme de galène. Il peut également rencontrer sous la forme d'anglésite ( $\text{PbSO}_4$ ) et de cérusite ( $\text{PbCO}_3$ ) [61].

#### b. Sources anthropiques

Le plomb à beaucoup d'usages industriels (batteries, alliages, pigments...etc.), il est utilisé comme agent antidétonant pour l'essence [57]. Les sources de pollution sont donc extrêmement variés, par exemple, le plomb était utilisé comme tetraethyle dans les carburants comme antidétonant fusion de minerais, utilisation des combustions fossiles réseaux de distribution d'eau....etc[52].

### V3.3. Toxicité du plomb

Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb, les principaux organes cibles sont : le système nerveux, les reins et le sang [53].

#### a. Toxicité aigue

Elle se caractérise surtout par un violent syndrome gastro-intestinal, douleurs abdominales, coliques ("colique du plomb», "colique du niserens"), vomissement, diarrhée, soif..., et en suite l'apparissement progressive de signe neurologiques, insomnie, apathie, agressivité, ralentissement de la conduction nerveuse monoparesie et monoplégie branchiales ... etc [53].

#### b. Toxicité chronique

Le plomb est cumulatif dont l'intoxication à long terme est le saturnisme [62]. Les intoxications chroniques se traduisent avant tout par des symptômes liés à son action sur le système hématopoïétique[57]. Aussi elle se caractérise par l'apparition d'une anémie, d'un ictère, d'un liséré du au plomb au niveau des gencives [63].

### V.4. Le zinc

#### V.4.1. Généralité

Habituellement le zinc est rencontré en association avec le plomb, le cuivre, l'or, et l'argent. [57]. C'est un élément chimique métallique, brillant de couleur blanche bleuâtre de symbole Zn et de numéro atomique 30. Il a une masse atomique de 65.3 g/molle, et une densité de 7.10, son point de fusion 420°C, sa résistance à le traction de 6 daN/Vm<sup>2</sup> enverrons [64].

#### **V.4.2. Origine du zinc dans l'environnement**

Le zinc est présent dans l'air, l'eau, et les sols à la suite des processus naturels et des activités humaines [21].

##### **a. Sources naturelles**

Le zinc présent dans les roches généralement sous forme de sphalérite (sulfure), smithsonite (carbonate), calnine (silicate) et franklinite (zinc, manganèse, oxyde de fer) [65].

##### **b. Sources anthropiques**

Il provient d'activités industrielles telles que : l'extraction minière, la purification de minerais de zinc, de plomb et de cadmium, et aussi la galvanisation de pièces métalliques, la fabrication de pigments pour la peinture, le vernis et la fabrication de produits phytosanitaires [66].

#### **V.4.3. Toxicité de zinc**

##### **a. Toxicité aiguë**

L'ingestion de sels solubles de zinc peut provoquer des troubles gastro-intestinaux, aussi l'ingestion de fortes doses entraîne des atteintes sérieuses du système digestif supérieur, suivi des symptômes du choc sévère.

Des irritations sévères du système respiratoires supérieurs et inférieurs, et des doses plus faibles entraînent nausée vomissement crampes de l'estomac, diarrhées et fièvres [53].

##### **b. Toxicité chronique**

Les composés de zinc en exposition prolongé, induisent par voie orale une irritation gastro-intestinal et une anémie et par inhalation une irritation pulmonaire [67].

# Matériel et méthodes

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

### I.1. Situation géographique de la zone d'étude :

La commune de Ferdjioua est située au Nord –Ouest de la wilaya de Mila, Elle occupe une superficie de 7480 hectares et concentre une population estimée en 2004 à 44982[68]. Elle est limitée par les communes suivantes :

- ✦ Au Nord : par la commune de Miner Zarza.
- ✦ Au Sud : par la commune de Deradji Bouslah et Bouhatem.
- ✦ A l'Est : par la commune de Beni Ghecha, Rouached.
- ✦ À l'Ouest : par la commune de Tassadane Hadada, Ayadi Barbes et Ain Baida.

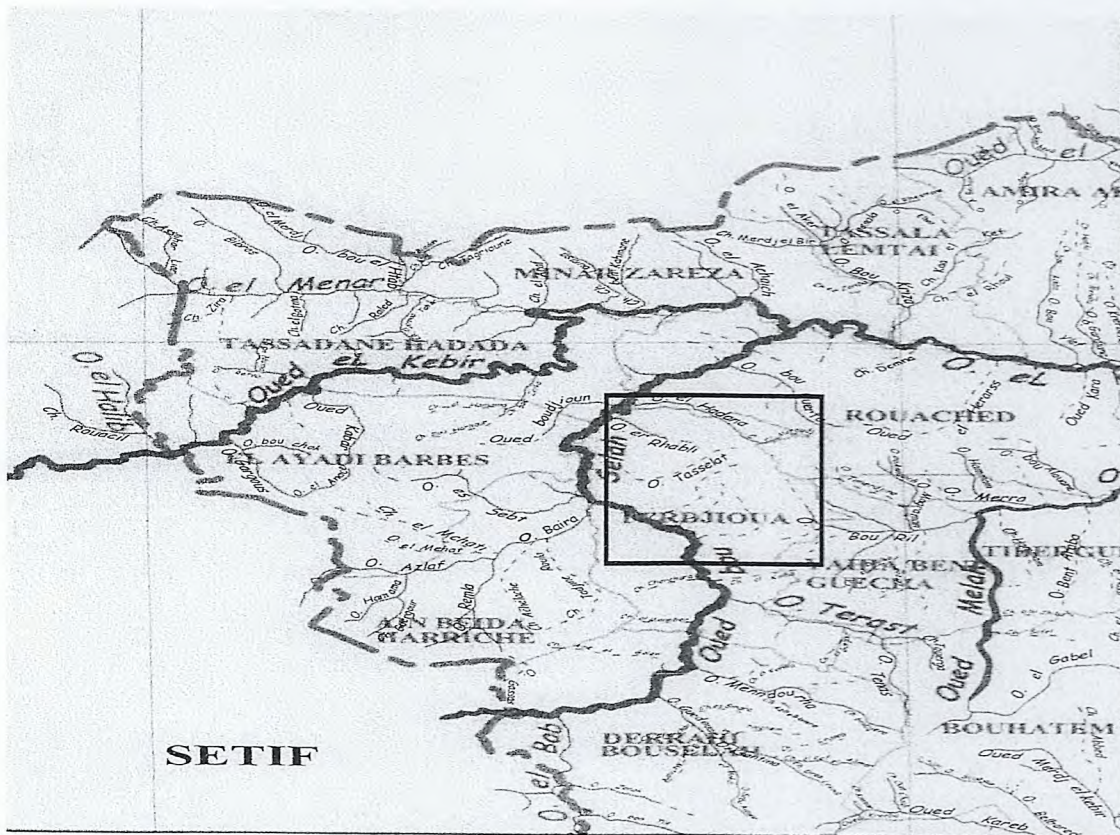


Figure 02 : la situation géographique de la commune de Ferdjioua.

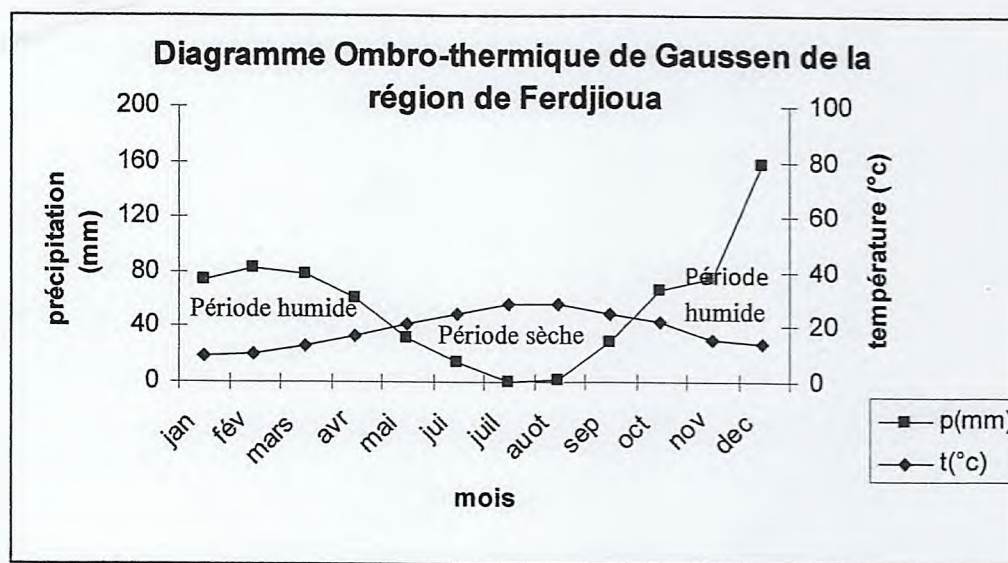
### I.2. Climatologie :

Sur le plan climatique, la zone de Ferdjioua est caractérisée par un climat de type semi-aride avec un été sec et un hiver froid et humide [70].

La Pluviométrie est variable de nord vers le sud avec une moyenne annuelle de l'ordre de 350 mm/an. La saison sèche s'étend de mois d'octobre à mai, la saison pluvieuse s'étend sur le reste de l'année (figure03).

**Tableau 01:** les températures et la précipitation moyennes mensuelles (septembre 2003 avril 2009) [68].

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	jui	juil	août	sep	oct	nov	dec
p(mm)	74.3	82.5	78.2	60.4	32.3	13.9	0.4	1.3	29.3	66.7	75.6	157.8
t(c°)	9.7	10.4	13	17	21	25	28	28	25	22	14.9	14



**Figure 03 :** Le diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région de Fredjioua

**I.3.Hydrographie :**

Le réseau hydrographique de la commune de Ferdjioua est dense mais peu important, il a pour exutoire définitif de l'Oued BOUSLAH qui constitue la gouttière de tout le bassin. [69].

**I.4.Le couvert végétal :**

Le couvert végétal est dans un état de dégradation très avancée. Il est constitué de : le diss (*Ampelodesma mauritanicum*), le calycotome (*Calycotome spinosa*), l'asphodelle (*Asphodellus*), le cil (*Urginea maritima*), daphnie (*daphnie gnosique*), le laurier rose (*Laurier nobilis*), l'aloès (*Aloe vera*), eucalyptus (*Eucalyptus.sp*), le figuier de barbarie (*Opuntia ficus- indica*), le jujubier (*Zizyphus lotus*), l'olivier (*Olea europea*) et une pinède, il existe d'autres espèces cultivés comme : ail (*Allium sativum*).

Les effets néfastes de la décharge, les incendies et le surpâturage sont à l'origine de cette dégradation.

### **I.5. Topographie et Géologie de la zone d'étude**

La commune de FERDJIOUA constitue une zone Tampon, à cheval sur la partie Est du bassin du même nom, et à la limite Ouest d'un autre bassin celui de TIBERGUENT. Elles constituent au fait, le trait majeur de l'espace régional avec le bassin d'Oued ENDJA et MILA à L'Est.

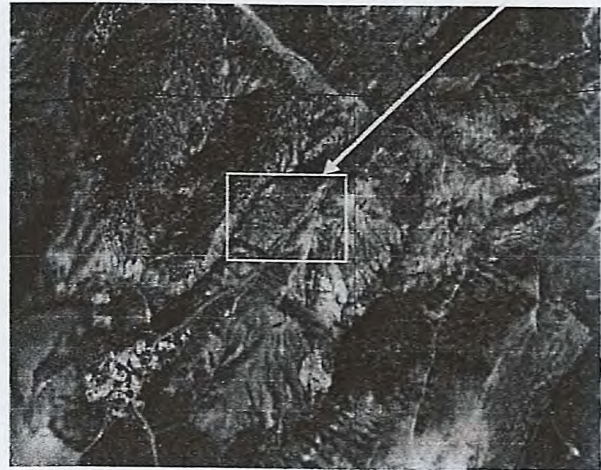
Au Nord et au sud, la commune chevauche sur un ensemble de haute et de bas piémont avec Boucharéf à 1000 m d'altitude et les djebels Amara et Bougarri à 900m d'altitude en moyenne ces massifs montagneux forment de véritables barrières et ceignent les deux bassins.

Sur le plan géologique les terrains sont composés essentiellement de roches meubles (marne, argile, calcaire) sous ce climat irrégulier, donne pouvoirs destructif à l'érosion d'autant plus que les versants sont pour la plus par de boisés [68].

### **I.6. Description de site**

La décharge de Tirekef est située à 6km à l'ouest de Ferdjioua. Elle est limitée à l'est par Ramla, au sud par douar Sidi Madour, à l'ouest par une pinède, et au nord par Ejbel El Kef Lasfare. Elle s'étend sur une superficie de 4 ha, elle est divisée en deux parties ; une ancienne décharge de 1ha de superficie, et une nouvelle décharge de 3 ha de superficie. Les deux parties de la décharge sont inclinées d'une pente de 30 à 40°, les lixiviats sont drainées d'une manière anarchique sous le tas de la décharge par des petits Oueds (chaaba) vers Oued Bouslah (photos 01, et 02).

La décharge de Tirekef est construite de puis 1996, et classée au rang de décharges sauvages. Elle reçoit une quantité estimée aux environs de 15tans/jour, de déchets de natures différentes ; déchets domestiques, déchets d'abattoirs et d'autres déchets génèrent par le SAMPAC et le SONARIC.



**Photos 01 et 02 :** La situation géographique de la décharge de Tirekef.

### **I.7. Description de l'état actuel de décharge**

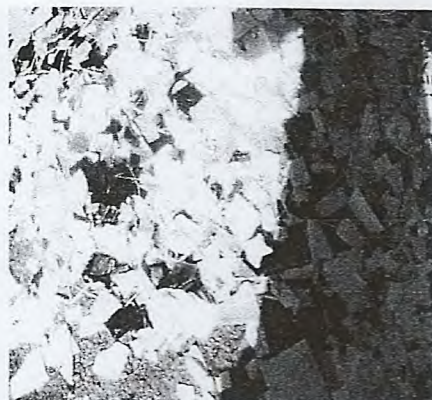
La visite de terrain nous a permis d'estimer l'état de la décharge où les déchets sont déposés anarchiquement sans aucun compactage et recouvrement.

Nous avons observés dans cette décharge :

\* Des dépôts de verres (jusqu'à 1km de la décharge), des matières plastiques, des cartons, et des papiers (photos 03, 04, 05, et 06)....etc.



**Photo 03 :** Dépôt de verres.



**Photo 04 :** Dépôt de papiers.



**Photo 05:** Dépôt des matières plastiques.



**Photo 06:** Dépôt des sachets.

\* Des rejets de SAMPAC, des marchés et d'abattoir (photos 07, 08, et 09).



**Photo 07:** Déchets d'abattoirs.



**Photo 08 :** Déchets de SAMPAC.



**Photo 09:** Déchets de marchés.



\* De ferrailles, des piles, et des rejets photographiques (photos 10, et 11).



**Photo 10:** Dépôt de ferrailles.



**Photo 11:** Rejets photographiques.

\* Des matières de construction et des déchets hospitaliers (photos 12, 13,14, et 15).



**Photo 12 :** Rejets de construction.



**Photo 13:** Déchets hospitaliers.



**Photo 14 :** Déchets hospitaliers.



**Photo 15 :** Déchets hospitaliers.

\* Nous avons observés un grand nombre des chiens errants, des vaches et des chèvres attirées par les restes de nourriture contenus dans les différents déchets.



Photo 16 et 17: Bœuf et Chèvre.

## II. Echantillonnage et technique de mesure

L'échantillonnage est la première, et l'une des plus importantes étapes, son rôle est basé sur:

- ✦ La connaissance de types de déchets déposés au sein de la décharge.
- ✦ La prise d'échantillons des sols.

### II.1. Choix des stations et campagnes des prélèvements

Pour avoir une représentation adéquate sur l'impact de la décharge publique de Tirekef, un parcours sur le terrain d'étude à été effectué.

Le choix des emplacements et des périodes des prélèvements se fait :

- 1- En fonction de la distance par apport au site de la décharge.
- 2- L'influence des déchets sur les ressources d'eau.
- 3- En fonction des facteurs climatiques (précipitations).

Pour réaliser cette étude deux campagnes de prélèvements ont été effectuées (09 mars et 09 avril 2009), au niveau de quatre stations dont:

- Station 1 est située à l'intérieur de la décharge.
- Station 2 est situé à une distance de 10m par apport à la décharge, elle se trouve dans le lit de oued L1 ou se diverses les lixiviat de la décharge.
- Station 3 ; est situé à 50m de la décharge, au niveau de L2.
- Station 4 ; est situe à 100m, au niveau de L3.

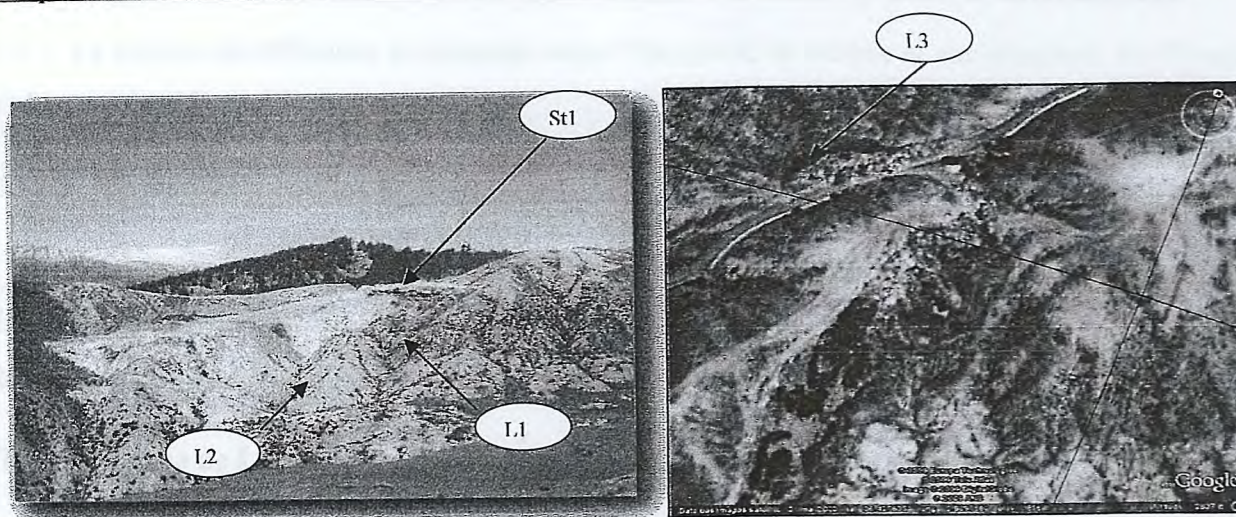


Photo 28 et 29 : Choix des stations de prélèvement.

## II.2. Prélèvement des échantillons du sol au niveau des stations

Au niveau de chaque station deux échantillons du sol ont été prélevés, en utilisant une tarière en acier inoxydable. Chaque échantillon, pèse 1kg du sol, est mis dans un sachet en plastique et transporté au laboratoire.

## II.3. Préparation des échantillons du sol

Une fois au laboratoire les sols ont été séchés dans une étuve à 105°C, broyés à l'aide d'un mortier et tamisés à 2 mm pour obtenir un échantillon homogène.

## III. Analyse de sol

### III.1. Caractérisation physicochimique des sols

#### III.1.1. La granulométrie

Les analyses granulométriques ont porté seulement sur deux stations parmi les 04. Les résultats seront ensuite extrapolés à l'ensemble des stations. Ceci selon Dutil et Muller [71] est du au fait que la composition granulométrique varie très peu quant il s'agit de la même gamme du sol et du régime climatique, surtout du point de vue de la pluviométrie et l'action du gel.

La méthode utilisée pour la détermination des fractions granulométriques est la méthode internationale à la pipette de Robinson, améliorée par AFNOR [72]. Elle consiste à séparer la partie minérale du sol en fraction selon le diamètre des particules et à déterminer, les proportions relatives à ces fractions.

#### III.1.2. Mesure de pH [73]

La mesure de PH se fait à l'aide d'un pH- mètre dans une suspension du sol et d'eau distillée, dont le principe est basé sur la mise en équilibre ionique d'une certaine masse solide avec un volume donné d'eau déminéralisée. Le ratio de la masse des sols au volume d'eau étant fixé à

### III.1.7. Extraction des métaux lourds totaux (l'eau égale)

Cette méthode est utilisée pour le dosage des éléments totaux et principalement pour, le zinc, le chrome, le plomb et le cadmium.

Les échantillons sont soumis à l'action d'un mélange d'acide chlorhydrique (3/4) et d'acide nitrique (1/4). L'extrait est ensuite filtré et ajusté au volume avec de l'eau déminéralisée. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique.

#### III.1.7.1. Dosage des métaux lourds par la SAA

Tous les échantillons dosés par la SAA sont filtrés sous vide par des membranes de filtration ayant une porosité 0.45µm.

#### III.1.7.2. Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Le principe de la SAA est basé sur la propriété d'absorption d'un rayonnement lumineux par un élément en fonction de sa concentration dans la solution à analyser. Les atomes d'un élément donné sont capables d'absorber l'énergie apportée par des photons dont la fréquence est caractéristique de l'élément à doser.

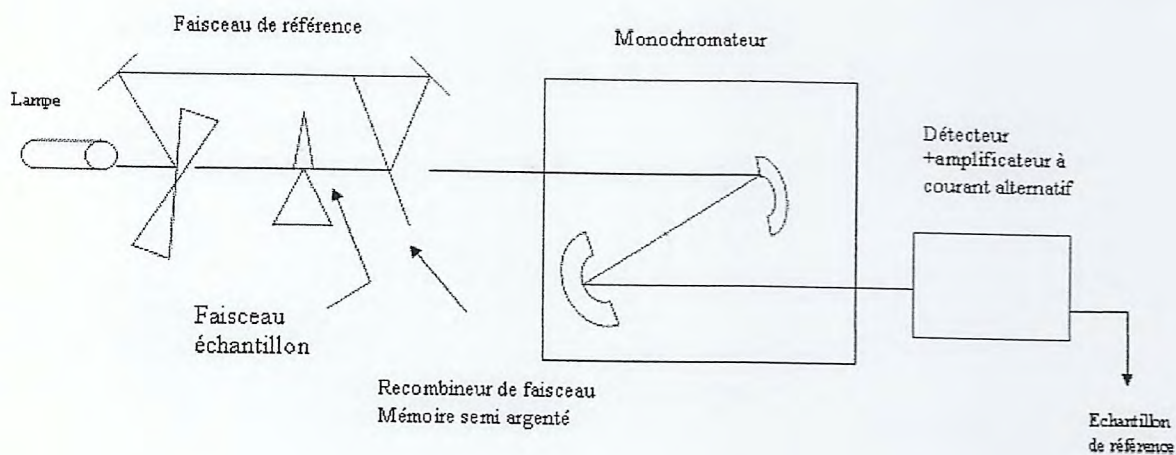
L'élément à doser dans l'échantillon est préalablement dissocié de ses composés chimiques et porté à l'état non excité et non ionisé dit « état fondamental », cette dissociation thermique est obtenue par la combustion de l'échantillon dans une flamme ou dans un four en graphite. Une fois dissocié, l'élément est alors capable d'absorber des radiations de longueurs d'onde bien définies, qu'il est capable d'émettre (loi de Kirchoff) [32] La SAA SHIMADZU A A6200 Atomique Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants (Figure04) :

##### a) La source de radiation

Elle est constituée d'une lampe à cathode creuse recouverte du métal à doser et remplie à l'intérieur d'un gaz inerte comme l'argon ou le néon.

##### b) Le système d'atomisation

Il a pour rôle de transformer les ions en solution à l'état d'atomes libres. Dans la technique utilisant la flamme, le liquide est vaporisé en un jet de gouttelettes fines qui seront par la suite, atomisées puis passer à travers la flamme.



**Figure 04** : principe de fonctionnement de la S.A.A.

### III.1.7.3. L'analyse statistique

Pour les calculs de statistique élémentaire et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes, d'écart type, et la matrice de corrélation. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de variance (ANOVA).

Nous avons procédé aussi à une comparaison 2 à 2 (test student) dans le but de mettre en évidence l'effet de campagnes. Tous les calculs ont été effectués en utilisant l'Excel.

# Résultats et interprétations



## I. Résultats d'enquête sur le terrain

### ✦ L'effet de la décharge sur l'environnement

La présence de la décharge de Tirekef a causé de nombreux problèmes pour l'environnement tel que :

\* Dégradation d'odeurs et de fumés désagréables qui atteignent également d'autre localités éloignées et causent la pollution de l'air (photos 18 et 19).



Photo 18 et 19 : l'incinération.

\*La pollution des sols et les eaux souterraines par les lixiviats de la décharge.



Photo 20 et 21: Lixiviat de la décharge.

\* Prolifération des insectes (moustiques, mouches) les rongeurs (les rats, les souris), des oiseaux (cigogne blanc) qui provoquent des risques pour la santé des habitats.



**Photo 22 et 23 :** Des oiseaux dans la décharge.

- La dégradation des sites et des paysages.



**Photo 24 :** Forêt dégradé.

\* Les autres nuisances explorées sont d'ordre esthétique comme le spectacle fourni par la large bande de sac plastique tapissant les arbres entourant la décharge et s'y accrochent suite à leur transport par le vent.



**Photo 25 et 26 :** Des Sacs en plastique.



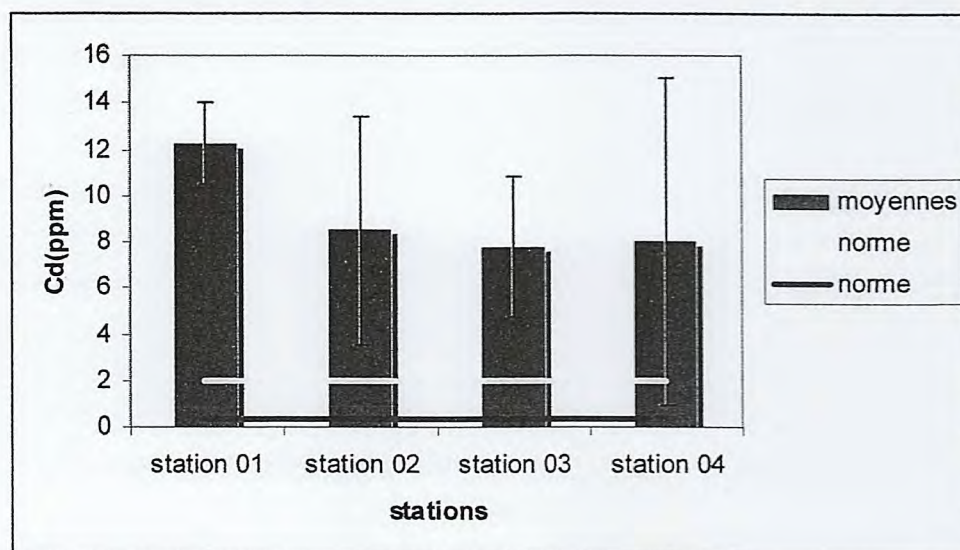
## II.7. Les métaux lourds

### II.7.1. Cadmium (ppm)

Les résultats d'analyse du cadmium total dans les sols de la décharge de Tirekef, montrent qu'ils sont chargés par cet élément, avec des teneurs qui se situent entre un minimum de l'ordre de 04 ppm, observé dans la station 04 au mois de mars, et un maximum de l'ordre de 14 ppm enregistré dans la même station durant le mois d'avril (tableau 08).

**Tableau 08:** Evolution spatiale des teneurs en cadmium total dans les sols du décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

Cadmium (ppm)				
Compagnes de prélèvements	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
09/03/2009	13.5	5	6.5	4
09/04/2009	11	12	9	14
moyenne	12.25	8.5	7.75	8
max	13.5	12	9	14
min	11	5	6.5	4
écartype	1.76	4.94	3.06	7.07



**Figure 10:** distribution spatiale du cadmium dans les sols de décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

Les teneurs de cadmium total, varient légèrement d'une station à l'autre [(F =0.39., p <0.76) et d'un prélèvement à l'autre (t= 1.55, p= 0.10).

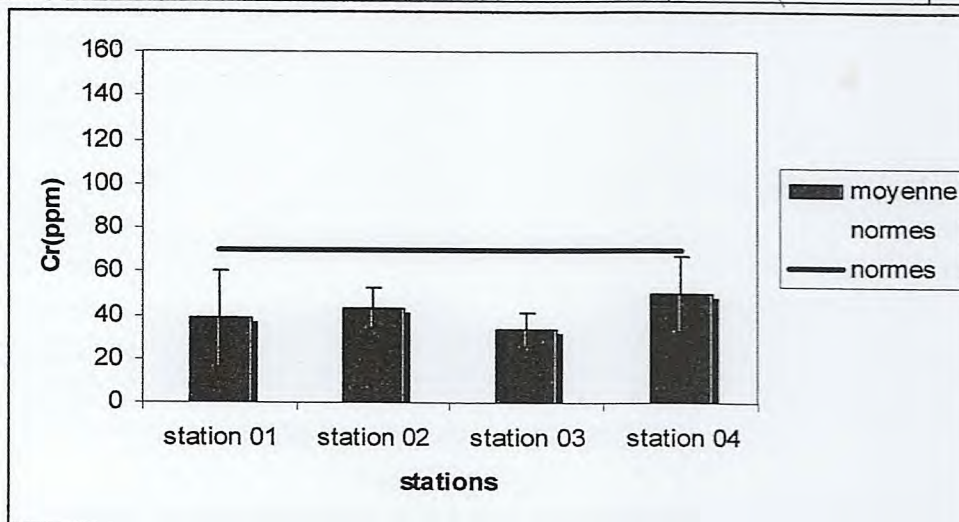
Les stations (St 01, St 03, St 04) présentent des teneurs en Cd total légèrement élevées par rapport à la station 02. Parmi ces trois stations la station 01 présente la teneur en cadmium la plus élevée.

## II.7.2. Chrome (ppm)

Les teneurs du chrome (III) mesurées aux différentes stations, durant les deux prélèvements, s'échelonnent entre 23 ppm et 62 ppm (tableau 09). La valeur minimale a été enregistrée dans la station 01 durant le mois de mars. La valeur maximale a été relevée dans la station 04 durant le mois d'avril.

**Tableau 09** : Evolution spatiale des teneurs du Chrome dans les sols du décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

Chrome III (ppm)				
Compagnes de prélèvements	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
09/03/2009	23	37	28	37.5
09/04/2009	54	49.5	39	62
moyenne	38.5	43.25	33.5	49.75
max	54	49.5	39	62
min	23	37	28	37
écartype	21.92	8.83	7.77	17.32



**Figure 11**: distribution spatiale du chrome dans les sols de décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

L'observation de la Figure 11 et l'analyse de la variance n'indiquent pas des différences importantes [ $F = 0.23$ ,  $p < 0.90$ ]. Néanmoins, nous avons observé des teneurs légèrement élevées dans la station 04.

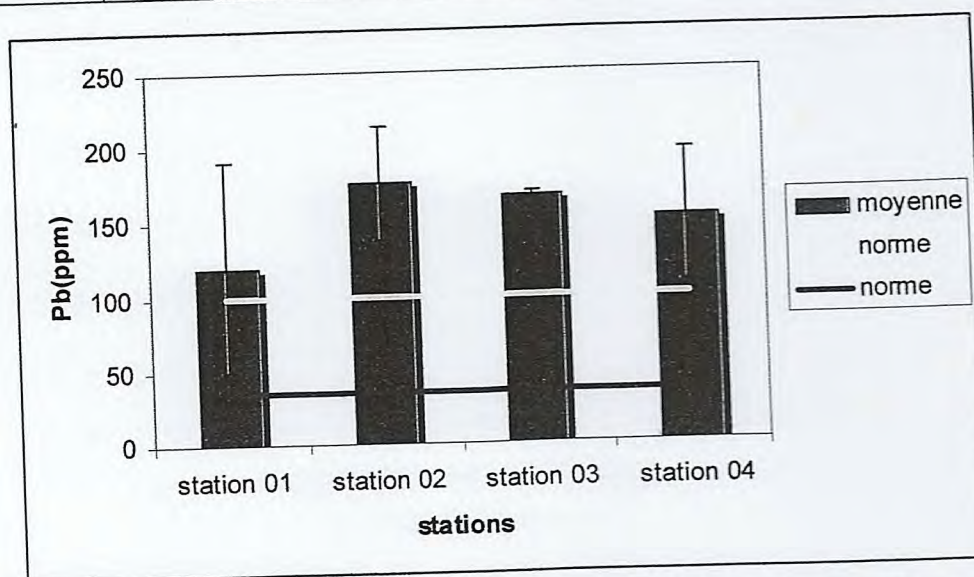
Le test de student indique que les teneurs en chrome varient significativement d'un prélèvement à l'autre ( $t = 4.10$ ,  $p = 0.01$ ).

### II.7.3. Le plomb

Les résultats obtenus dans les quatre stations durant les deux prélèvements montrent que les concentrations du plomb total dans les sols sont généralement élevées. Ces teneurs varient entre une valeur minimale de l'ordre de 70.5 ppm enregistrée au niveau de la station 01 durant le mois de mars, et une valeur maximale de l'ordre de 202.5 ppm observée au niveau de la station 02 au mois d'avril (tableau 10).

**Tableau 10 :** Evolution spatiale des teneurs du plomb dans les sols du décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

Compagnes de prélèvements	plomb (ppm)			
	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
09/03/2009	70.5	202.5	148	121
09/04/2009	170	149	186.5	183
moyenne	120.25	175.75	167.25	152
max	170	202.5	186.5	183
min	70.5	149	148	121
écartype	70.35	37.83	1.76	43.84



**Figure 12:** Distribution spatiale du plomb totale dans les sols de décharge de Tirekef (mars –avril 2009).

Dans les sols du décharge de Tirekef les teneurs en plomb total présentent une faible variation spatiale [(F = 0.52, p < 0.68) (tableau 10). Cependant nous avons observé des fortes teneurs dans la station 02 par rapport aux autres stations (Figure12).

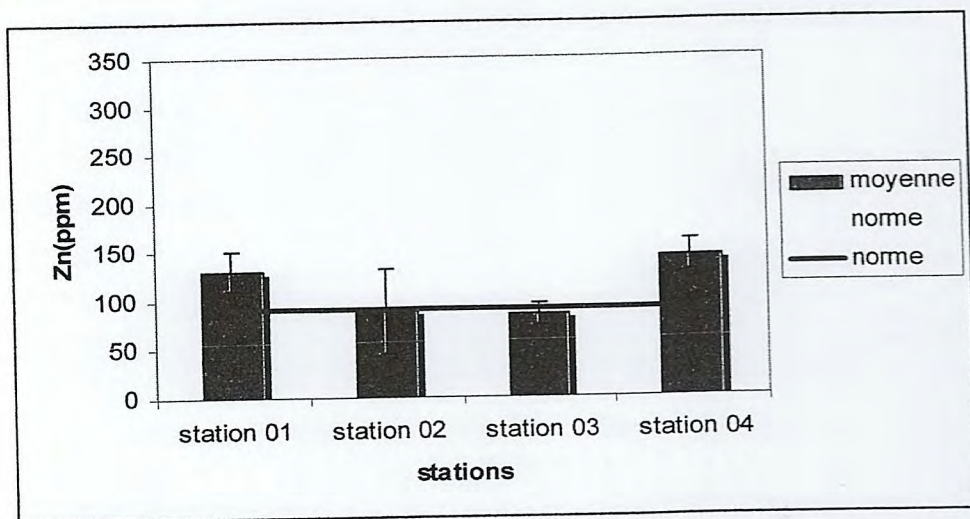
Notre étude a montré que les teneurs en plomb présentent de faibles fluctuations temporelle, celles-ci ont été vérifiées par le teste de student qui a montré l'absence d'effet significative de prélèvement (t= 1.12, p= 0.17).

#### II.7.4.Le zinc (ppm)

Les concentrations de zinc dans les sols de la décharge de Tirekef sont abondantes durant toute la période d'échantillonnage et les teneurs varient entre un minimum de l'ordre de 58 ppm signalé dans la station 02 durant le mois d'avril, et un maximum de l'ordre de 155 ppm relevé durant le mois d'avril. (Tableau11).

**Tableau 11** : Evolution spatiale des teneurs du zinc dans les sols du décharge de Tirekef (mars –avril 2009).


zinc (ppm)				
Compagnes de prélèvements	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
09/03/2009	116.5	119	93	132.5
09/04/2009	144	58	77	155
moyenne	130.25	88.5	85	143.75
max	144	119	93	155
min	116.5	58	77	132.5
écartype	19.44	43.13	11.31	15.90



**Figure 13** : distribution spatiale du zinc dans les sols de décharge de Tirekef (mars -avril 2009).

Les teneurs en zinc total mesurées dans les sols de la décharge de Tirekef présentent des faibles variations spatiales ( $F = 2.66$ ,  $p < 0.18$ ). Mais nous avons remarqué une augmentation dans les stations 01 et 04.

Les variations temporelles ne sont pas significatives ( $t = 0.32$ ,  $p = 0.38$ ).



# Discussion

### **I.1.La granulométrie**

L'étude granulométrique de notre sol nous a permis de dégager deux classes texturales, une limoneuse pour les stations St01, St02, et St03, et l'autre sableuse pour la station 04. A vrai dire, des études récentes menées à Canada ont relevé que les concentrations des métaux lourds dans les sols varient selon la texture de ces derniers, cette chose a été vérifiée dans notre pour le plomb. Webber [76] affirme que ces teneurs sont plus élevées dans l'argile puis le limon puis le sable. Nos sols faisons partir de la classe limoneuse pour les stations (01, 02, et 03), et de la classe sableuse pour la quatrième station, ce qui confirme ces résultats.

### **I.2.Le pH**

Le pH constitue un facteur dont le rôle est crucial pour la mobilité des ions métalliques qui augmente lorsque le pH diminue. De plus le pH est reconnu comme étant un paramètre majeur déterminant la biodisponibilité et la spéciation des éléments trace métalliques dans le sol [77, 78].

Pour les sols de la décharge de Tirekef, notre étude a montré que le pH est légèrement basique, ce qui peut être attribué à la nature géologique de terrains. Ainsi le pH basique de notre sol favorise la fixation des éléments traces métallique et limite leur passage du sol vers les organismes vivants [78].

Le pH peut être aussi influencé par d'autres facteurs tels que les conditions climatiques. Ainsi la température élevée conduit indirectement au déplacement de l'équilibre calcaire-carbonique vers la formation des carbonates sous l'effet de la photosynthèse qui provoque une élévation de pH [79]. Ce qui expliquerait les valeurs de pH obtenues durant le mois d'avril.

### **I.3.La conductivité électrique**

La mesure de la CE permet d'évaluer rapidement les teneurs de tous les sels solubles ou d'une solution, lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un substrat est trop élevée. [73].

Nos résultats ont montré une augmentation de CE de la station 3 par rapport aux autres stations, cette augmentation peut être due au fait que les sols de la décharge de Tirekef sont riches en ions monovalent et divalents qui provient des divers déchets domestiques et industriels déposés au niveau de la décharge.

#### **I.4. Matière organique**

La matière organique a un rôle important dans la fixation et la complexation des métaux lourds dans le sol [80]. En effet, elle est considérée comme un support préférentiel des éléments traces [81].

Dutil [71] affirme que le taux de la matière organique est normal lorsque il est inférieur à 4%, ce qui n'est pas le cas de nos résultats dans l'ensemble des stations. Le taux élevé de la matière organique est dû aux différents déchets organiques déposés au niveau de la décharge (les déchets de marché, d'abattoirs, de SAMPAC...).

Les fortes teneurs de la matière organique observées au niveau de la station 02 trouvent une explication dans sa situation géographique, rappelons que cette station est située à la proximité directe de la décharge.

Les variations temporelles ne sont pas importantes.

#### **I.5. La capacité d'échange cationique**

La CEC d'un sol est directement corrélée à la quantité maximale de cations (et notamment les cations métalliques) qu'un sol peut sorber c'est-à-dire au nombre de sites d'adsorption disponibles dans le sol [43]. Elle a une influence considérable sur l'accumulation des métaux lourds. En effet la teneur de ces métaux augmente avec cette capacité.

D'après nos résultats, nous avons remarqué que les sols de la décharge de Tirekef présentent des valeurs élevées de CEC (15-25 méq/100g de sol), notamment dans les stations 01, 02 et 03 ce qui peut être lié à la présence de la matière organique dans les stations 02, et 03 où la CEC représente la quantité totale cations métalliques adsorbés par la matière organique [78] avec une corrélation positive ( $r=0.44$ ), et la texture limoneuse de la station 01.

#### **I.6. Le calcaire total**

Les carbonates de calcium sont les constituants majeurs qui interviennent dans la fixation des éléments traces métalliques soit par adsorption, par précipitation d'hydroxyde ou de carbonates, ou encore par insertion dans les réseaux de  $\text{CaCO}_3$  [82].

Les sols qui contiennent un taux de calcaire compris entre 10% et 25% sont considérés comme peu calcaires, c'est le cas des stations 01, 02 et 03



Pour la station 04 le taux de calcaire est situé entre 25% et 50% c'est-à-dire le sol est considéré comme notamment calcaire.

**Tableau 12:** comparaison des concentrations des métaux lourds du sol de la décharge de Tirekef avec les données d'autres décharges.

paramètres (ppm)	décharge de Tirekef	décharge d'Akouédo	Décharge de Al Ain (Emirats Arabes unis)	Les normes internationales	Les teneurs naturelles
Pb	120.25-175.75	10.3-1500	13.7	100	35
Cd	7.75-12.25	1-11.5	0.043	2	0.35
Zn	85-143.75	18.6-1163.7	117	300	90
Cr	33.5-49.75	27.7-125	19.1	150	70

### I.6.1.Le cadmium

Dans les sols de la décharge de tirekef, notre étude a montré que les teneurs en cadmium total sont plus élevées que les normes internationales (2 mg/kg) [46], et les teneurs naturels (0.35ppm. [83]. Ces teneurs sont supérieures à celles de la décharge de Al Ain (Emirats arabes Unis) [84], et comparables avec les teneurs obtenues dans la décharge d'Akouédo [85].

Ces résultats indiquent une pollution critique et anormale qui constitue ainsi une menace pour les eaux de proximité, et en particulier pour Oued Bouslah, et la nappe phréatique qui alimente la population de Ferdjioua.

Les valeurs élevées de cadmium dans les sols pourraient être attribuées à la nature et à la composition des déchets. En effet, la présence au niveau de la décharge d'ordures ménagères tel que les plastiques( 12.1mg Cd/kg), les verres( 1.3mgCd/kg), les textiles( 6.8mg Cd/kg), les cartons(1.4mg Cd/kg), les piles( 26.6mg Cd/kg), les métaux d'alliages(7.4mg Cd/kg) , peut être à la base de la forte concentration de cadmium dans les sols [86].

La distribution spatiale montre que les plus fortes concentrations sont notées dans la station 01, par rapport aux autres stations. Pour cette dernière, ces fortes teneurs peuvent se justifier par sa situation géographique. Sachant que cette station se trouve à la proximité directe de la décharge donc elle se charge par le cadmium issu de différents déchets.

Les variations temporelles ne sont pas importantes.

### I.6.2.Chrome

Les teneurs en chrome dans les sols de la décharge de Tirekef, ne dépassent pas les normes internationales [46]. Et les teneurs naturelles [83]. Indiquant ainsi l'absence d'une contamination notable des sols. Ces résultats confirment que les concentrations trouvées dans nos sols sont essentiellement d'origine naturelle.

Les variations spatiales sont faibles, alors que les variations temporelles sont importantes où les concentrations du chrome dans les sols de la décharge évoluent d'une manière irrégulière d'un mois à l'autre. Elle présente des teneurs élevées au mois d'avril par apports au mois de mars, ce qui peut être expliqué par l'augmentation des déchets durant cette période et aussi par l'influence des précipitations qui favorisent la formation des lixiviats chargés en chrome.

### I.6.3.Le plomb

Nos résultats ont montré que les teneurs en plomb total dans les sols de la décharge de tirekef dépassent largement les normes internationales [46], et les teneurs naturelles [83]. Ces teneurs sont supérieures à celles de la décharge d'Al Ain (Emirats arabes Unis) [84], et comparables avec les teneurs obtenues dans décharge d'Akouédo [85].

Les teneurs élevées du Pb observées au cours de notre étude peuvent être dues aux différents déchets déposés au niveau de la décharge, en effet le plomb forme de 52.9mg/kg de papiers ,26.1mg/kg de cartons ,99.2mg/kg de textiles, 373.7mg/kg de verres et 77.5mg/kg de piles [86].

La distribution spatiale montre que les teneurs en plomb les plus élevés se trouvent dans les stations 02 et 03, ce qui est expliqués par le taux élevé de la matière organique dans ces deux stations avec une corrélation positive( $r = 0.99$ ). En théorie les travaux de Perrono [82]. Ont montré que le plomb à une tendance à s'accumuler dans les horizons de surface riches en matière organique.

### I.6.4.Le zinc

Pour l'ensemble des stations nos résultats ont montrés que les concentrations de zinc sont inférieures aux normes internationales (300ppm, [46]). Mais elles restent importantes dépassants ainsi les teneurs naturelle (90ppm) [83], un tel résultat peut être expliqué par la nature géologique de terrain à la quelle s'ajoutent les apports issus de la décharge, en effet le zinc forme de 44% à 47% des piles et accumulateurs, 12% à 13% des coautchous, 8% à 9% de papiers cartons [34].

A decorative frame with a double-line border and rounded corners, enclosing the text.

# Conclusion

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le but d'apprécier l'impact de la décharge de Tirekef sur l'environnement, une évaluation de degré de pollution de ses sols par les métaux lourds a été effectuée.

Les résultats obtenus montrent que ces sols sont assez dégradés avec une certaine hétérogénéité dans leurs compositions. Les teneurs des différents métaux lourds étudiés varient en fonction de la quantité et de la nature des déchets déposés au niveau de la décharge, en fonction des propriétés physico-chimiques du sol, et en fonction des conditions climatiques.

La comparaison des teneurs enregistrées dans les sols étudiés avec les normes internationales et les valeurs naturelles nous a permis de constater que les sols de la décharge publique de Tirekef connus une pollution métallique importante par le plomb et le cadmium qui enregistrent respectivement les valeurs maximales de l'ordre de (175,75ppm) et (12,25ppm). Les teneurs en zinc et en chrome restent inférieures aux normes internationales.

D'une manière générale les risques de cette décharge sont apparus sur la dégradation du couvert végétal, les nuisances esthétiques, et même sur la santé des populations humaines avoisinantes. Pour cela, il apparaît primordial de mettre terme à ces risques en adoptant des mesures nécessaires.

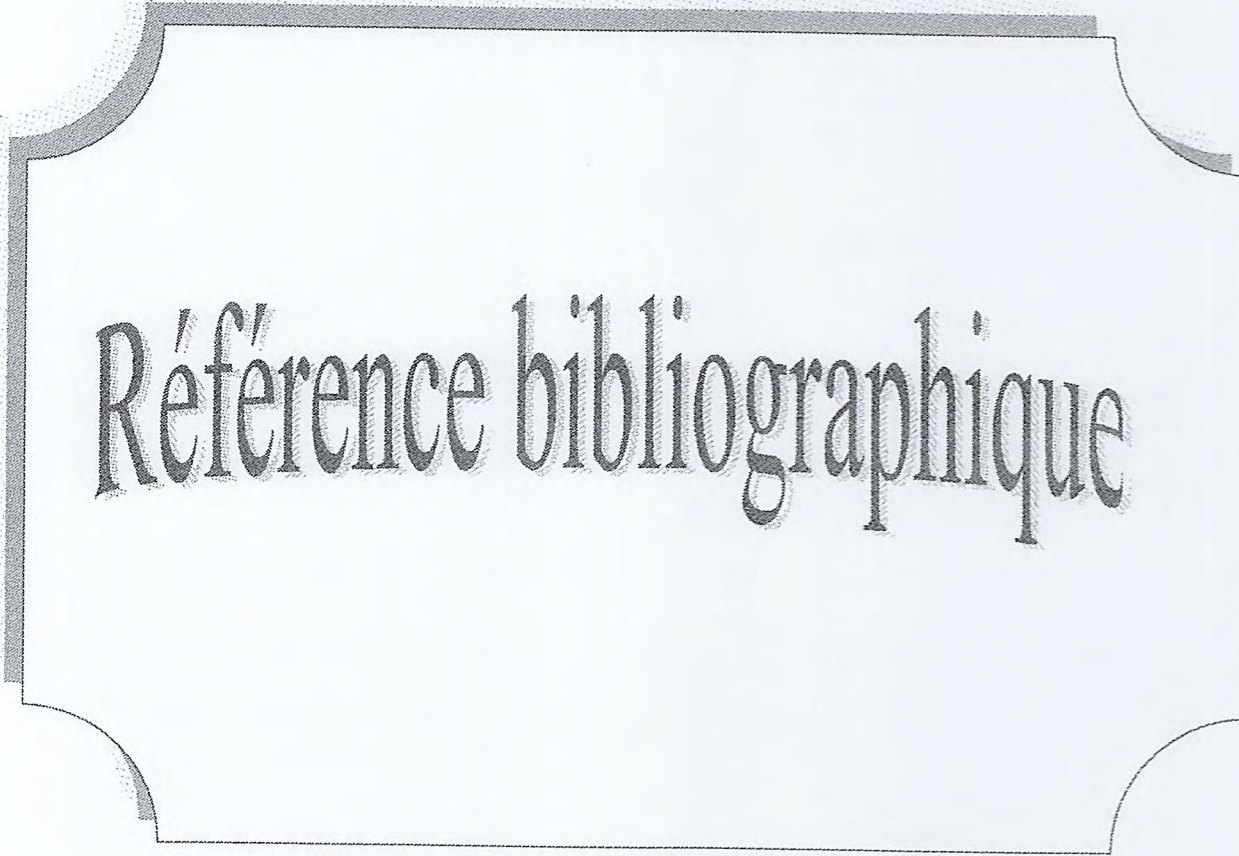
La protection de l'environnement contre les effets de la décharge de Tirekef impose la transformation de cette décharge à une décharge contrôlée recevant des déchets ménagers et industriels non dangereux, et que cette décharge dispose une unité d'incinération des produits toxiques et dangereux notamment les déchets hospitaliers. Le choix de site doit être favorable sur un terrain plat et éloigné de 500m en minimum des habitations les plus proches. Il est également nécessaire que l'état impose son autorité aux différents générateurs de déchets, pour qu'ils respectent la réglementation en vigueur en matière de protection de l'environnement. Il faut aussi que la ministère de l'environnement et de l'aménagement de territoire se dote d'une police écologique comprise de personnel technique hautement qualifié et très bien équipé pour faire appliquer la loi. Il est également primordial d'adopter une politique de tri des déchets et d'ordures et leurs recyclage. Ceci à un double avantage : le premier est écologique, le deuxième est économique.

Cette étude a montré le risque auquel est exposée la population humaine et l'environnement avoisinants de la décharge.

Pour cela cette étude doit être complétée par d'autres études qui seront fournis par l'état. Nous envisageons en perspectives:

- ✦ D'étudier l'influence de la décharge publique de Tirekef sur les ressources en eaux.

- ✦ D'étudier le degré de la pollution atmosphérique généré par cette décharge.
- ✦ Faire une étude microbiologique des sols de la décharge.
- ✦ D'évaluer le degré d'intoxication de la population humaine avoisinante par le dosage des métaux lourds (plomb, cadmium) dans le sang et les urines.



Référence bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **La loi de 15 juillet 1975** ; relative à l'élimination des déchets. France.
- 2- **-C. Fauris ; Ce Ferra ; P.Medort ; J.Déveaux** ; Ecologie approche scientifique et pratique ; 2003,5<sup>ème</sup> édition Tec& Doc, p 439.
- 3- **C. Désachy** ; les déchets sensibilisation à une gestion écologique, 2001, 2ème édition Tec & Doc, p46.
- 4- **C.Fauris** ; Ecologie approche scientifique et pratique ; 1998 ,4<sup>ème</sup> édition Tec& Doc.
- 5- **M o Makoukh** ; Symbiose bimestriel de leur pollution urbaine et dinar en poubelle ; 1996, 3<sup>ème</sup> édition Maison de presse. Alger.
- 6- **A Damien** ; Guide de traitement des déchets ; 2004,3<sup>ème</sup> édition Dunod.
- 7- **Forum déchets AMF** ; Gestion des déchets des artisans commerçants et service public d'élimination des déchets ménagers; 1999, rudologies, p17.
- 8- **Direction régionale de l'équipement d'île de France** ; Division nuisances ressources sécurité : déchet du BTP-Plan de gestion pour paris et de petite consommation ; 2004, p195.
- 9- **H. Mérabet** ; Dictionnaire de l'aménagement du territoire et de l'environnement ; 2004,1<sup>ère</sup> édition BERTI.
- 10- **J. Michel Bart** ; Aide- mémoire gestion des déchets ; 2005, Dunod, p18-19.
- 11- **C. Bliefert ; R.Perraud** ; Chimie de l'environnement ; 2001, De Boeck, p463.
- 12- **Anonyme** ; Les déchets chiffres clés de l'environnement en Bretagne ; 2005, p463.
- 13- **F. Ramade** ; Dictionnaire Encyclopédique des pollutions : les polluants de l'environnement à l'homme ; 2002, Dunod.
- 14- **F.Ramade** ; Dictionnaire Encyclopédique de l'écologie et des sciences l'environnement ; 2003,2<sup>ème</sup> édition Dunod, p1125.
- 15- **http// :www.Dictionnaire environnement** ; 2009.
- 16- **C. Bliefert ; R. Perrot** ; Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sol, Déchet ; 2003, édition De Boeck.
- 17- **M. Pépin** ; Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchet urbains des le PED : contribution à laboratoire d'un guide méthodologique et a sa validation expérimentale sur site ; 2006.
- 18- **Anonyme** ; Fédération Midipyrrènes des associations de protection de la nature et de l'environnement, comment agit contre une décharge sauvage ; 2006, France

- 19- **Anonyme** ; Fédération Midi-pyrénées des associations de protection de la nature et de l'environnement, comment agit contre une décharge sauvage ; 2006, France.
- 20- **Ministère l'aménagement du territoire et de l'environnement** ; Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 2000, p118.
- 21- **R. François** ; Dictionnaire encyclopédique des pollutions ; 2000, édition Ediscience international. Paris.
- 22- **N. Calace; A. Liberatori, B. Petrinio**, characteristics of different molecular weight fractions of organic matter in landfill leachate and their role in soil sorption of heavy metal environmental pollution; 2001, p339.
- 23- **Matejka**; la gestion des déchets ménagères et la qualité des eaux ; 1995, Paris.
- 24- **J.F.Chiffolleau ; D.Claissé ; D.Cosa ; A.Ficht ; J.LConzales ; Th. Guyot ; P. Michel ; P. Minaud ; C.Oga ; F .petit**; la contamination métallique ; 2001, édition ISBN.
- 25- **M. Méquel** ; les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé ; Rapport l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques 2001, p68-79.
- 26- **M. le floch** ; Caractérisation physico-chimique et traçage des émissions particulières métalliques d'une usine d'incinération d'ordures ménagères dans l'aire ambiante ; 2004, Aix Marseille.
- 27- **B. Lemèrs; J.J.Seyum; G.Le .Guern; D.Guyonnet**; Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes; 2001, Edition BRGM. P122.
- 28- **B .Périra**; la contamination diffuse du sol par les éléments traces métalliques en région de wallonne, Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallain ; 2007.
- 29- **A. Burol ; L.M.Duro** ; Eléments traces métalliques, Guide méthodologique. Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines, Rapports final ; 2005, édition. ENERIS.
- 30- **M. Robert** ; Le sol interface dans l'environnement ressources pour le développement ; 1995, édition Mosson. Paris.
- 31- **S. Azimi, D. Thevent, S. Garnand** ; Apport atmosphérique bilans métaux lourds; 2002.
- 32- **S. Audry** ; Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial Lot-Garonne-Gironde, Thèse de doctorat, spécialité géosciences, science de l'environnement ; 2003, Université de Bordeaux.
- 33- **Y.Dellaa** ; Utilisation des végétaux dans l'approche écotoxicologique de la pollution atmosphérique de Constantine; 2003, Thèse de magister, Université Mantouri.
- 34- **S. Habila** ; Etude de l'impact du Barrage de Beni Harroun sur l'environnement : effets



ecotoxicologique ; 2007, Thèse de Magister, Université de Jijel.

- 35- **H. Ben moussa ; R.D. Tyagi ; P. G.C. Campbell**; Biolixiviation des métaux lourds et stabilisation des boues municipales effet de la forme du soufre élémentaire utilisée comme matériau ; 1994, *Revue de science de l'eau*, vol 7, pp 235- 250.
- 36- **F.Albain** ; Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des ETM issus de bue de station d'épuration dans un sol agricole ; 2002, Thèse doctorat. Université de rennes, pp210.
- 37- **J.Tonneau** ; Transmission des métaux lourds dans les chaînes alimentaires ,2003 ; Printemps des sciences p210.
- 38- **C.Dange** ; Etude du comportement des éléments traces en milieu estuarien : Approche expérimentale et modélisation ; 2002, Thèse de doctorat, université de Relms, p43.
- 39- **C.Gardas** ; Influence des conditions physico-chimiques sur la mobilisation du plomb et de zinc dans un sol et sédiments en domaine routier; 2000, Thésée doctorat spécialité chimie et microbiologie de l'eau, Université de Paut et de pays de l'Adour.
- 40- **G. Esposito**; The chemistry of soils; 1989, edition Oxford. Oxford University Press.
- 41- **R. Calvet** ; Le sol : propriétés et fonctions tome 2 phénomènes physiques et chimiques application agronomiques et environnemental; 2003, édition France agricole.
- 42- **T. Descamps; M. Benzaazoua; T. Belem; M. Mbonimpa** ; Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide cas de stabilisation des sols contaminées et déchets industrielles ; 2006, *Vertigo la revue de science de l'environnement*, Vol 07, pp 1- 10.
- 43- **I. Martinelli** ; Infiltration des eaux de ruissellement pluviale et transfert de polluants asscires, 1999.L'institut national appliquées de lyon. Thèse. doctorat.
- 44- **M. Claude ; C. walter ; .J.Remy ; J.Berthelin ; J.Morel** ; Sols et environnement ; 2005, édition Dunod, p477.
- 45- **J. Morel ;S. Dousset ; J.Wiart** ;Influence du chaulage sur la biodisponibilité des élément trace métalliques en traces incorporés au sol lors de le pandage de boues de station d'épuration ;1999, Etude et gestion des sols, p105-114.
- 46- **D. Baize**, Teneur totales en élément trace métallique dans les sols, 1997. Édition INRA. France.
- 47- **V. Châtain** ; Caractérisation de mobilisation potentielle de l'Arsenic et d'autres constituants inorganiques présents dans le sol issue d'un site minier aurifié, 2004 Thèse de doctorat science et technique des déchets .Insa de Lyon.
- 48- **J.O Nriagu**; Production uses and properties of cadmium, Cadmium in the environnement, Part1; 1980, Ecological Cyling, J.O.Nriagu, Edition John Wiley and soms.Toranto (Ont), p35-70

- 49- **G.Norbeg; B.A.Flauer; M.Norbeg; L.Friberge**; Hand book on the toxicology of metal; 2005, 3<sup>rd</sup> edition A.p.
- 50- **A. Picard**; Cadmium et ses dérivés, Fiches toxicologiques et environnementaux des substances chimiques; 2005, Edition INERIS.
- 51- **Conseil national de recherche du Canada (CNRC)** ; Les effets du Cadmium dans l'environnement canadien; 1979, NRCN<sup>0</sup>=16744.Ottawa (ont)
- 52- **P.Quevauviller**, Méthodologie en chimie de l'environnement; 1994, 2<sup>ème</sup> édition Tec& Doc.p51.
- 53- **J. M. Wisniewska; j. I. Knyp; J. Jablonska; z. Myslak**; Binding of cadmium on metallothionein in man an analysis of a fatal poisoning by cadmium iodide; 1971, *Arch Toxicol*, pp 28- 46.
- 54- **Jean. Luc. Potelon** ; Le guide des analyses de l'eau potable ; 1998, p151-152.
- 55- **Chrome** ; Microsoft ® Encarta 2009.
- 56- **A. Pichard** ; Chrome et ses dérivés, Fiches toxicologiques et environnementaux des substances chimiques; 2005, Edition INERIS, p35-38.
- 57- **A. Leonard**; Les mutagènes de l'environnement et leurs effets biologiques ; 1990, Edition.MASSON.p.37-38
- 58- File:// : Fiche Info Chrome-lenntech-htm ; 2002.
- 59- **A. Pichard** ; Le plomb et ses dérivés, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques; 2005, INERIS.
- 60- **Environmental Protection Agency – Agence américaine pour la protection de l'environnement ( EPA)** ; Fiche plomb ; 1999, Annexe 05 Monographies des polluant, pp 234- 254.
- 61- **M. Falcy ; A. Hesbert ; D.Jargot ; J.protois ; Reynier ; O.Schneider ; P.Serr** ; plomb et composés minéraux ; 1998, Fiche de données toxicologiques N°59 INERIS.
- 62- **A. Picot** ; Contamination du sols par les élément en traces, les risques et leur gestion, Rapport N 42 ; 1998, Académie des science, Tec&Doc.
- 63- **Reichel** ; Guide pratique de toxicologie ; 2004, 2<sup>ème</sup> édition De Bœck, p158
- 64- **Zinc**; Microsoft ® Encarta 2009.
- 65- **G.de SMET**; La pratique des traitements phéremiques des métaux industriels ; 1972, édition Dunod.
- 66- **Annexe 5**; Monographie des polluant (traduction du public Heath statent) ; 1997, édition ATSDR.

- 67- **Agency for Toxic Substances and Disease Registry Atlanta (ATSDR);**  
Toxicological profiles Zinc; 1994, US Department of Health and Human, Services.  
Public Health Service, Georgia USA.
- 68- **E.Fassif ;** Etude de schéma Directeur de Gestion des déchets solides urbains ,Etude  
d'aménagement et d'équipement du centre d'enfouissement technique de la wilaya de  
la ville de Ferdjioua ; 2008, édition la direction de l'administration locale de la wilaya  
de Mila.
- 69- **Direction de l'hydrologie de l'environnement et des forêts, wilaya de Mila; 2009.**
- 70- **Direction météorologique de Constantine. 2009.**
- 71- **P. Dutil ; J.Muller ;** Travaux de la station de science du sol de chalons sur marne -  
l'épandage des eaux résiduaires des industries agricoles en champagne. Crayluse ;  
1979, INRA.
- 72- **AFNOR ;** Qualité des sols Recueil de normes françaises ; 1994 ; 3<sup>ème</sup> édition Paris-la  
Défense, p534.
- 73- **C. Mathieu, F.Piethains ;** Analyse chimique des sols : Méthodes choisies ; 1998,  
Edition Tec et Doc Lavoisier 387p.
- 74- **S.Roula ;** Caractérisation physicochimiques et valorisation des boues résiduaires  
urbaines pour la confection de substrat de cultures de pépinières hors sol ; 2005,  
Thèse de magister, Université de Batna.
- 75- **Anonyme ;** Laboratoire du sol méthode d'analyses physique et chimique du sol ;  
1975, Institut de Technologie agricole, Mostaganem.
- 76- **Webber MD ;** Contamination des sols agricoles entre de recherché de l'Est sur les  
céréales et les oleagmens ; 1999, Canada.
- 77- **Dictionnaire général de l'enseignement et de la recherche, 2004.**
- 78- **-C. Jérôme ; J. Petit ;** Spéciation et Biogéochimie des métaux dans les milieux  
estuariens (estuaire de l'Escaut) Synthèse bibliographique; 2006, Université Libre de  
Bruxelles – dept. Of Earth & Environnemental Sciences – Isotopes Petrology &  
Environnement.
- 79- **J. Rodier;** Analyse de l'eau naturelle et des eaux résudiaires et eaux de mer ; 2005,  
8<sup>ème</sup> édition Dunod. Paris.
- 80- **S.M. Manskaya; T.V. Drozdova;** Geochemistry of organic substances; 1968,  
édition Shapiro & breger; pergamon press.
- 81- **P.C. Singer.** Influence of dissolved organic on the distribution transport and fate of  
heavy metals in aquatic systems; 1977, in forestuer U& Wittman G.T.V, pollution in  
aquatic environnements.
- 82- **P.Perrono ;** Les micropolluants métalliques dans les boues de stations d'épuration et  
épandage agricole; 1999. Mém. DU.E.S.S. DGP, Univ. Picardi Amiens.

- 83- H.J.M.Bowen;** Environnemental chemistry of the Element; 1979, Academy press. London.
- 84- J.Y.Suh; G.F.Birch; K.Hughes; C.Matthal,** « spatial distribution and source of heavy metal in reclaimed lands of home bash bay: the venue of Olympic Games, Sydney, New South Wales »; 2004, Australian Journal of Earth Sciences, Vol.51, N 1, 53-67,doi:10.1046/i.1400-0952.2003.01043x.
- 85- .K.Kouame ; D.L.Gone ; L.Savane ; E.A.Kouassi ; K.Koffi ; B.T.A.Goula ; M. Diallo ;** mobilité relative des métaux lourds issus de la décharge d' Akouédo et risque de contamination de la nappe du continental terminal (Abidjan côte d'Ivoire) ; 2006, édition Afrique science.
- 86- S.O. Aloueinne ;** Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) contribution à la gestion des déchets et outils. D'aide à la Décision ; 2006, école Doctorale science, Technologie, Santé.

## ANNEXE I

**I. Caractérisation physicochimique des sols****I.1. Analyse granulométrique du sol****I.1.1. Mode opératoire**

- Peser 10 g de terre fine dans un bécher de 1L.
- destruction de la matière organique : verser dans le même bécher 50 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, et porter au bain de sable (chauffer lentement) évaporé partiellement jusqu'à arrêt de l'effervescence.
- Ajouter l'eau oxygénée plusieurs fois et attendre la disparition de la mousse.
- faire passer la terre dans un flacon d'un litre, avec un jet de pissette d'eau distillée et sans dépasser le volume de 500ml
- ajouter 40 ml d'une solution dispersante d'hexametaphosphate de sodium.
- agiter pendant une demi – heure à l'agitateur rotatif.
- En utilisant la pipette de Robinson :
- pour la fraction totale <0.05mm (LG+LF+A+Sels solubles): on prend immédiatement un prélèvement de 10mm du milieu du cylindre.
- Pour la fraction <0.02 (LF+A+Sels solubles) : on prend un prélèvement à 10cm après 4min et 40 sec.
- Pour la fraction <0.02 (A+sels solubles) on prend un prélèvement à 10cm après 4 h et 39min.
- mettre le sable restant dans le tamis, dans bécher de tare connue et sécher dans l'étuve à 105°C. En suite on le tamise à sec à l'aide du tamis de 0.2mm et on pèse le sable grossier resté au tamis.

**I.2. Mesure de pH****I.2.1. Mode opératoire**

Les échantillons (10 g) sont préparés pour l'analyse dans un bécher, on y ajoute 25 ml d'eau distillée, en agite ensuite avec un agitateur magnétique pendant 1 heure, cela permet de mettre en suspension la totalité de l'échantillon et obtenir un équilibre entre la phase solide et la phase liquide. La suspension est ensuite laissée au repos pendant 2 heures à l'abri de l'air, puis on mesure le pH de la suspension.

### I.3. Mesure de la conductivité électrique

#### I.3.1. Mode opératoire

On pèse 10 g d'échantillon des sols préparé pour l'essai qu'on transvase dans un flacon en polyéthylène, on ferme le flacon puis on le place dans un agitateur magnétique on agite pendant 30 mn après filtration on mesure la conductivité de la solution (Kribi, 2005).

### I.4. Dosage de La matière organique (méthode de walkly-blak modifiée)

#### I.4.1. Mode opératoire

Peser un poids  $p$  de terre séchée et tamisée dans une fiole conique puis ajouter 10 ml de la solution de bichromates de potassium. Agiter d'un mouvement de va et vient, verser 20 ml d'acide sulfurique, agiter pendant une minute. Laisser reposer 30 minutes puis ajouter 150 ml de l'eau distillée.

### I.5. Dosage du calcaire total (Mathieu et Piethains, 1998).

#### I.5.1. Mode opératoire

Introduire la prise d'essai de poids  $P$  dans une erlenmeyer muni d'une extension latérale en doigt contenant 5 ml d'HCl, fermer la fiole on la raccrochant au calcimètre ; faire couler l'HCl sur l'échantillon du sol pour attaquer le carbonate de calcium, Si le sol contient le calcaire, il se produit un dégagement du  $CO_2$  déplaçant l'eau dans la colonne de calcimètre d'un volume  $V_1$ . Procéder de la même manière avec un témoin constitué de 0.3 g  $CaCO_3$  pur, soit  $V_2$  le volume obtenu.

#### Calcul

Pour calculer le pourcentage du  $CaCO_3$  on applique la formule suivante :

$$CaCO_3\% = 30V_1/V_2P$$

### I.6. La capacité d'échange cationique (méthode AFNOR). (AFNOR, 1998)

#### I.6.1. Mode opératoire

Préparer la solution du sol comme suit :

Mettre 5 g du sol, 7.50 mg de  $CaCO_3$  et 50 ml de la solution d'oxalates d'ammonium, agiter pendant 3 heures et laisser reposer 12 à 16 heures dans un réfrigérateur. Mettre 10 mL de la solution du sol. Ajouter 10 ml de la solution de NaOH puis 190 ml d'eau et quelques gouttes de la phénophtaléine dans un ballon d'un litre, muni d'un chauffe ballon. Dans le Becher de collection mettre 40 ml d'acide borique + quelque goutte d'indicateur de Tachiro dans la colonne de titration on met la

solution d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Au moment ou le virage de la couleur du violet vers le vert est effectué, on commence la titration par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et on marqué le volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> puis on applique la formule de Calcul suivante :

**V1** : volume de l'échantillon.

**C** : concentration de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**V2** : volume de témoin.

$$T = (V2 - V1) C \times 50 \times 2 \times 100 / M \times V$$

**M** : prise d'essai: 5 g de sol.

**V** : prise d'essai volume 10 ml de la solution du sol.

## **I.7. Extraction des métaux lourds totaux (eau régale)**

### **I.7.1. Mode opératoire:**

Le procédé d'extraction consiste à ajouter à 1g de sol à partir d'un échantillon broyé dans un mortier puis passé au tamis, 3ml d'acide chlorhydrique et 1 ml d'acide nitrique pendant 15mn.

L'extrait est en suite filtré et ajusté 200ml d'eau distillée C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique.

## ANNEXE II

Tableau 13: Matrice de corrélation

	pH	CE	MO	CEC	CaCO <sub>3</sub>	Cd	Pb	Cr	Zn
pH	1								
CE	0,438	1							
MO	-0,416	-0,271	1						
CEC	-0,879	0,023	0,449	1					
CaCO <sub>3</sub>	0,544	-0,514	-0,142	-0,860	1				
Cd	-0,143	0,113	-0,836	0,078	-0,244	1			
Pb	-0,347	-0,246	0,997	0,390	-0,099	-0,874	1		
Cr	0,156	-0,818	0,016	-0,589	0,913	-0,199	0,032	1	
ZN	0,606	-0,204	-0,742	-0,855	0,767	0,391	-0,714	0,621	1

Tableau 14 : Test d'égalité des espérances: observations paires

	pH	
Moyenne	7,0175	8,3325
Variance	0,021958333	0,071091667
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	-0,86791973	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-6,54169488	
P(T<=t) unilatéral	0,0036307	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P(T<=t) bilatéral	0,007261401	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

Tableau 15 : Test d'égalité des espérances: observations paires

	MO	
Moyenne	5,85	6,0725
Variance	0,0554	0,091758333
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	0,802733523	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-2,46116925	
P (T<=t) unilatéral	0,045386593	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P (T<=t) bilatéral	0,090773187	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	



**Tableau 16 :** Test d'égalité des espérances: observations pairées**CE**

Moyenne	554,6625	236,16
Variance	49213,88743	19638,35927
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	0,887870932	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	5,452754976	
P(T<=t) unilatéral	0,006058396	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P(T<=t) bilatéral	0,012116793	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

**Tableau 17:** Test d'égalité des espérances: observations pairées**CEC**

Moyenne	26	17,125
Variance	43	1,520833333
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	0,319451851	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	2,829456341	
P (T<=t) unilatéral	0,033109679	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P (T<=t) bilatéral	0,066219358	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

**Tableau18:** Test d'égalité des espérances: observations pairées**CaCO<sub>3</sub>**

Moyenne	21,8075	24,0175
Variance	70,517425	30,3360917
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	-0,09327091	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-0,42242742	
P(T<=t) unilatéral	0,35058067	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,35336343	
P(T<=t) bilatéral	0,70116135	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,1824463	

**Tableau18:** Test d'égalité des espérances: observations pairées

Cd

Moyenne	7,25	11,5
Variance	18,41666667	4,333333333
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	-0,39178832	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-1,55838744	
P(T<=t) unilatéral	0,108513503	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P(T<=t) bilatéral	0,217027006	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

**Tableau19:** Test d'égalité des espérances: observations pairées (Cr)

Moyenne	31,375	51,125
Variance	50,22916667	92,0625
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	0,364268191	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-4,10147564	
P(T<=t) unilatéral	0,013112777	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P(T<=t) bilatéral	0,026225555	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

**Tableau20:** Test d'égalité des espérances: observations pairées (Pb)

Moyenne	135,5	172,125
Variance	3026,833333	288,0625
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	-0,49593132	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	-1,12478701	
P(T<=t) unilatéral	0,171275016	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,353363435	
P(T<=t) bilatéral	0,342550033	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,182446305	

**Tableau21:** Test d'égalité des espérances: observations paires (**Zn**)

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Moyenne	115,25	108,5
Variance	269,416667	2321,66667
Observations	4	4
Coefficient de corrélation de Pearson	0,57235615	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	3	
Statistique t	0,32880407	
P(T<=t) unilatéral	0,38195964	
Valeur critique de t (unilatéral)	2,35336343	
P(T<=t) bilatéral	0,76391928	
Valeur critique de t (bilatéral)	3,1824463	

## ANNEXE III

**Table 01:** variabilité spatiale de pH de sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,03	3	0,01	0,01	0,01	6,59
A l'intérieur des groupes	3,7	4				
Total	3,73	7				

**Table02:** variabilité spatiale de CE de sol, analyse de la variance

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,03	3	0,01	0,01	0,99	6,59
A l'intérieur des groupes	3,70	4	0,92			
Total	3,73	7				

**Table03:** variabilité spatiale de la matière organique dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	186085,46	3	62028,48	1,11	0,44	6,59
A l'intérieur des groupes	223358,96	4	55839,74			
Total	409444,42	7				

**Table04 :** variabilité spatiale de la CEC dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,39	3	0,13	3,53	0,12	6,59
A l'intérieur des groupes	0,14	4	0,03			
Total	0,54	7				

**Table05 :** variabilité spatiale de la CaCO<sub>3</sub> dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	74,53	3	18,63	0,25	0,88	9,11
A l'intérieur des groupes	216,56	4	72,18			
Total	291,09	7				

**Table06** : variabilité spatiale de Pb dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	3583,09	3	1174,36	0,52	0,68	6,59
A l'intérieur des groupes	9044,37	4	2261,09			
Total	12627,46	7				

**Table07** : variabilité spatiale de Cr dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	287,75	3	91,93	0,23	0,90	9,11
A l'intérieur des groupes	919,25	4	306,41			
Total	1207	7				

**Table08**: variabilité spatiale de Cd dans le sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	113,62	3	37,87	2,66	0,18	6,59
A l'intérieur des groupes	56,75	4	14,18			
Total	170,37	7				

**Table09**: variabilité spatiale de Zn dans sol, analyse de la variance.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	5244,62	3	1748,20	2,66	0,18	6,59
A l'intérieur des groupes	2619,75		654,93			
Total	7864,375					

## ANNEXE VI

Figure14 : la courbe d'étalonnage du Cadmium.

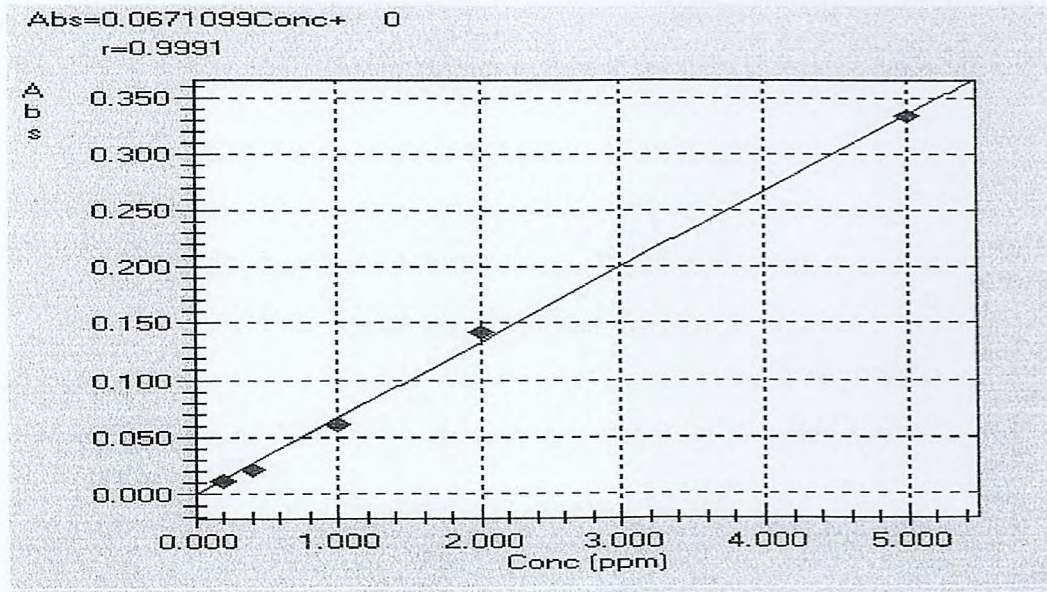


Figure15 : la courbe d'étalonnage du Chrome.

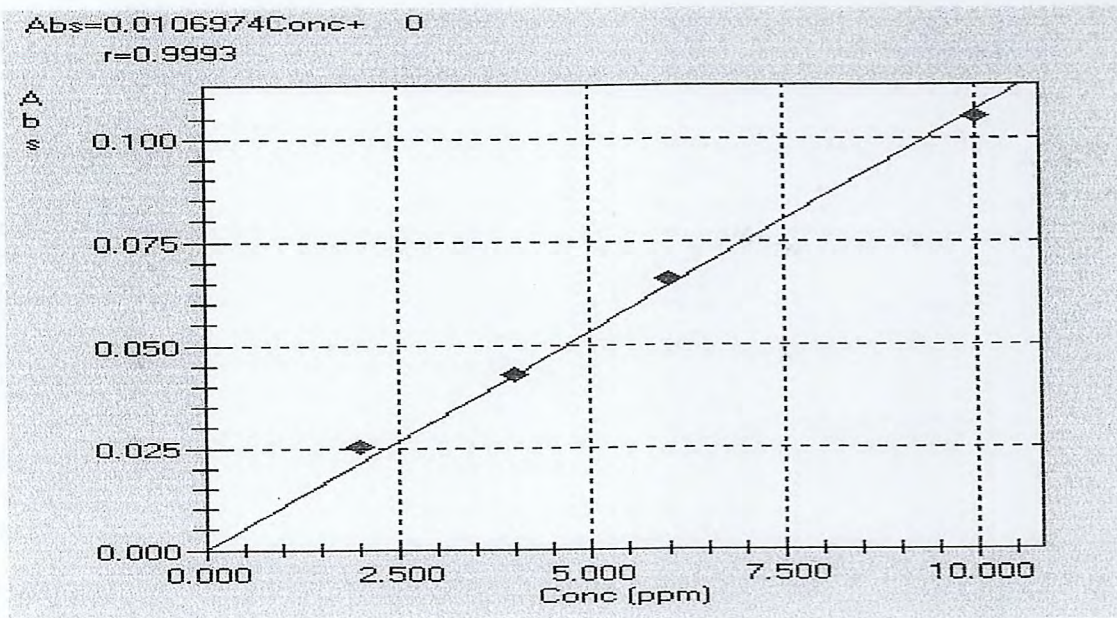


Figure16 : la courbe d'étalonnage du zinc.

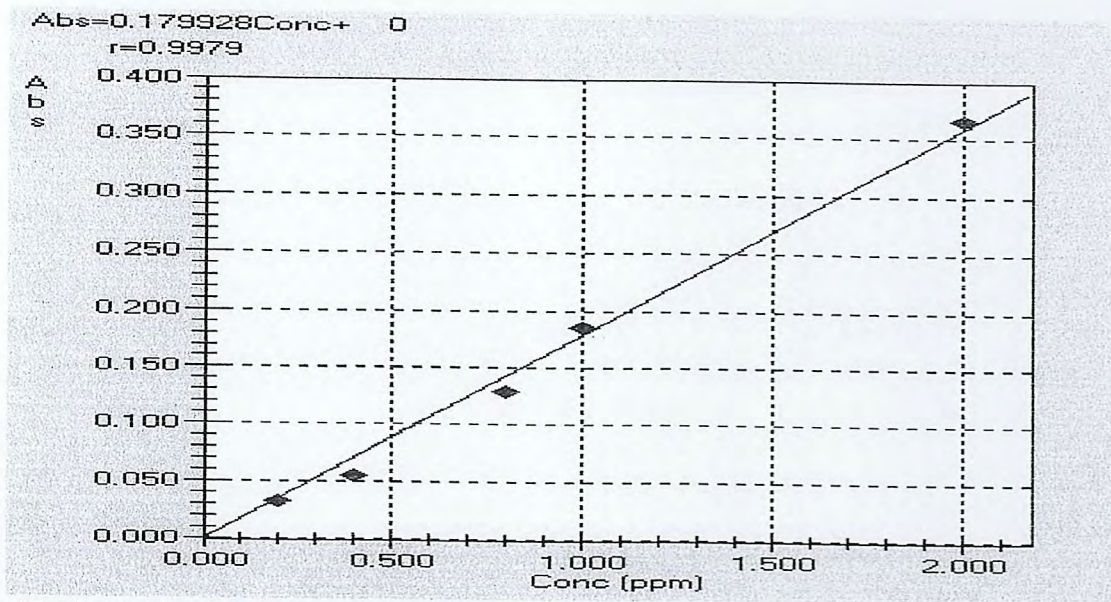
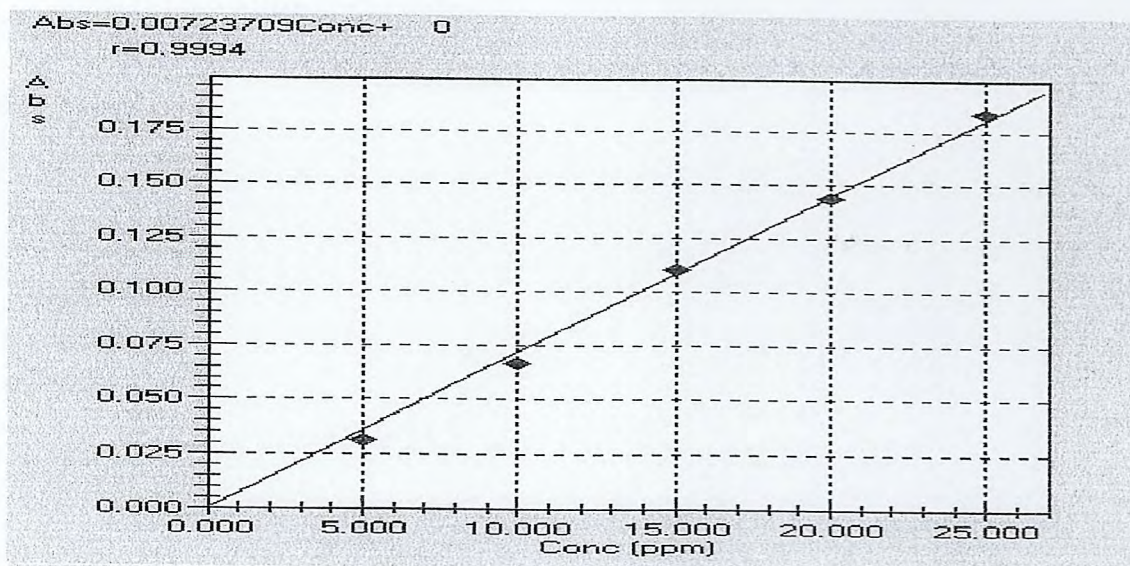


Figure17 : la courbe d'étalonnage de plomb.



<p><b>Réalisé par :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Amel Torchi</i></li> <li>• <i>Habiba Loucif</i></li> </ul>	<p><b>Jury :</b></p> <p><i>Président : Melle H. Lamzeri</i>  <i>Examineur : Mr A. Krika</i>  <i>Encadreur : Melle S. Habila</i></p>
<p><b>Thème</b></p> <p><b>CONTRIBUTION A L'EVALUATION DES TENEURS EN METAUX LOURDS DES SOLS DE LA DECHARGE PUBLIQUE DE TIREKEF WILAYA DE MILA.</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Résumé</b></p> <p>La décharge de tirekef conséquence d'un développement urbain et industriel incontrôlés est parmi les décharges les plus controversés de l'Algérie. C'est une grande source de pollution des sols par les métaux lourds. Pour évaluer son impact sur l'environnement, deux campagnes de prélèvement ont été effectuées durant la période de (Mars- Avril 2009) au niveau de quatre stations. Les échantillons des sols prélevés ont été soumis à une caractérisation physico-chimique (pH, Mo, CaCo<sub>3</sub>, CEC, Granulométrie) et à un dosage d'ETM (Cd, Pb, Cr (III), Zn).</p> <p>Les résultats obtenus ont permet la mise en évidence d'une contamination métallique certaine et dangereuse par le plomb et le cadmium. Les valeurs de zinc et de chrome (III) restent inférieures aux normes internationales. Pour réduire le risqué de pollution des sols, il est nécessaire de mettre en place des moyennes appropriées de lutte contre le risque de pollution des sols par les déchets déposés au niveau de la décharge.</p> <p><b>Mots clés :</b> décharge, métaux lourds, environnement, pollution.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Abstract</b></p> <p>The discharge of tirekef consequence of an uncontrolled urban and industrial development is amongdischarges the more controversies of Algeria. It is a big source of soil pollution by the heavy metals.</p> <p>To value her impact on the environment, two companions of taking have been done during the period of (March - April 2009) to the level of four stations. Samples of soils appropriated have been submitted to a physic-chemical characterization (pH, Mo, CaCo<sub>3</sub>, CEC, Granulométrie) and to a dosage of ETM (Cd, Pb, Cr (III), Zn).The gotten results have permits the stake in evidence of a certain and dangerous metallic contamination by the lead and the cadmium. Values of zinc and chromium (III) remain lower to the international norms.</p> <p>To reduce the risk of soil pollution, it is necessary to put in room of means suitable of struggle against therisk of soil pollution by the set down garbage's to the level of the discharge.</p> <p><b>Key words:</b> discharge, heavy metals, environment, pollution.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>ملخص</b></p> <p>تعد مفرغة تركاف إحدى نتائج التطور المدني و الصناعي العشوائيين وأيضا من أكثر المفرغات جدلا في الجزائر فهي أكبر مصدر لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة.</p> <p>من أجل تقييم أثرها على المحيط قمنا بـحرجتين إلى الميدان في الفترة الممتدة ما بين شهر مارس و افريل 2009 لآخذ العينات من أربع أماكن مختلفة.</p> <p>قمنا بإخضاع عينات التربة المأخوذة إلى تحاليل فيزيو- كيميائية تخص درجة الحموضة، المادة العضوية، الناقلية الكهربائية.</p> <p>النتائج المتحصل عليها أثبتت وجود تلوث معدني خطير يخص معدني الرصاص والكاديوم، فيما تبقى قيم معدني الكروم و الزنك ادني من المعايير الدولية للتلوث.</p> <p>بهدف تقليص مخاطر تلوث التربة من المهم وضع إمكانيات خاصة من أجل القضاء على النفايات المتراكمة على مستوى المفرغة.</p> <p><b>الكلمات المفتاحية :</b> مفرغة، معادن ثقيلة، محيط، تلوث.</p>	