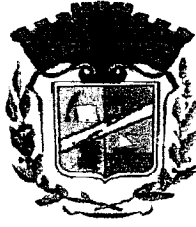


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET PUPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE JIJEL
Faculté des Sciences Exactes et des
Sciences la Nature et de la vie
Département de Biologie Animale et
Végétale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة والعلوم الطبيعية و
الحياة
قسم البيولوجيا النباتية

جامعة محمد الصادق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة والحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1790

Copie corrigée

~~Khaled Khodja~~

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master

Option : Phytopharmacie et gestion des agro-systèmes

Thème

Evaluation de la contamination des sols agricoles par les
éléments traces métalliques (Cd et Zn) dans la région de
Beni-Belaïde (Wilaya de Jijel)

Jury :

Présidente : KHALED-KHODJA.S
Examineur : YOUBLIM
Encadreur : KRIKA.A



Présenté par :

SISSAOUI Nadya
MEHIDI Amel

Session : Juillet 2011

Remerciements

Au terme de ce modeste travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de réaliser ce travail.

*Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre encadreur **Mr KRIKA.A** qui nous a fait l'honneur de diriger notre mémoire sur un sujet passionnant et nous a guidés tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissants pour ses conseils, sa disponibilité et son sérieux dans le travail.*

*Nous remercions vivement la président M^{em} **KHALED KHOUJA S.** et l'examineur **Mr YUBI. M** pour avoir accepté de faire partie du jury de ce modeste travail.*

*Nous tenons également à remercier les enseignants de la faculté des sciences, département de la biologie. Et aux techniciens de laboratoire de l'écologie pour leur aide et surtout **MELLE BOUHALI Soumia** et **melle ABAD Majda***

A la promotion de phytopharmacie et gestion des agro systèmes 2011.

Enfin, nous remercions toutes personnes ayant participés de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents, qui m'en encourager et soutenus tout au long du parcours de mes études. Ces quelques lignes ne suffisent pas, mais je tiens à leur exprimer ma reconnaissance éternelle.

Mes frères: Mouhamed Islam et Hichem

Mes soeurs: Siham, Ibtissem et Iness.

A: Adel.

*Mes amis: Zina, Hasna, Sara, et a ma collègue de ce travail Amel.
Tous ce qui a contribue de prés et de loin à l'élaboration de ce travail.*

Nadya

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents, qui m'en encourager et soutenus tout au long du parcours de mes études. Ces quelques lignes ne suffisent pas, mais je tiens à leur exprimer ma reconnaissance éternelle.

Mes frères: Bilal, Farid

Mon petit cher Mouhamed Reda

Mes soeurs: Aziza, Aida.

A: Mahmoud

Mes amis: Amel, Faiza, et a ma collègue de ce travail Nadya.

Tous ce qui a contribue de prés et de loin à l'élaboration de ce travail.

Amel

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-Le sol2

1-Définition.....2

1-2-Intérêt du sol agricole.....2

1-3-La contamination des sols.....3

1-3-1-Les pollutions ponctuelles.....3

1-3-2-Les pollutions diffuses.....3

1-4-Les éléments traces métalliques (ETM).....3

1-5-Les ETM dans le sol.....4

1-6-Relations métaux lourds – sol.....4

1-7-Relation ETM propriétés physicochimique du sol.....5

1-7-1-Le pH 5

1-7-2-La matière organique.....5

1-7-3-Le calcaire total.....5

1-7-4-La capacité d'échange cationique (CEC).....5

1-7-5-La texture du sol.....6

1-8- Les éléments traces métalliques étudiés.....6

1-8-1- Le zinc (Zn).....6

1-8-1-1-Description du métal.....6

1-8-1-2-Propriétés physico-chimiques.....6

1-8-1-3-Teneurs limites dans le sol.....7

1-8-2-Le cadmium (Cd).....7

1-8-2-1-Description du métal.....	7
1-8-2-2-Propriétés physico-chimiques.....	8
1-8-2-3Teneurs limites dans le sol.....	8

Chapitre II : Matériel & méthodes

2-Présentation de la zone d'étude.....	9
2-1-Situation géographique et administrative.....	9
2-2-Réseau hydrographique.....	10
1-3-Géologie-Pédologie.....	10
2-3-1-La géologie.....	10
2-3-2-La pédologie.....	10
2-4-Etude du climat.....	11
2-5- L'Agriculture (l'agro-système).....	11
2-5-1-Les cultures sous serre.....	12
2-5-2-Les cultures de plein champ.....	12
2-6- Plan d'échantillonnage.....	12
2-6-1- Prélèvement des échantillons du sol.....	13
2-6-2-Préparation des échantillons du sol.....	13
2-6-3-Analyses physico-chimiques de sol.....	13
2-6-3-1-Le pH.....	13
2-6-3-2-La matière organique.....	14
2-6-3-3-Le calcaire total.....	14
2-6-3-4- La capacité d'échange cationique	15
2-6-3-5-La granulométrie.....	15
2-7- Méthodes de dosage du zinc et du cadmium dan le sol.....	16
2-7-1- Préparation des extraits de sol.....	16
2-7-2-Justification du choix des normes.....	16
2-8-Analyse statistique.....	17

Chapitre III : Résultats & discussion

3- Caractérisation physico-chimique des sols prélevés.....	18
3-1- Le potentiel hydrique (pH).....	18
3-2- La Matière organique (MO%)	19
3-3-Le Calcaire total (CaCO ₃).....	20
3-4-La capacité d'échange cationique (CEC).....	20
3-5- L'analyse granulométrique.....	21
3-6-Discussion des résultats des paramètres physico-chimiques.....	22
3-7-Teneurs métalliques des sols.....	23
3-7-1-Le Cadmium.....	24
3-7-2- Le Zinc	24
3-8- Discussion des teneurs métalliques en cadmium et en zinc dans le sol.....	25
Conclusion.....	27
Références bibliographiques.....	28

Annexes

Liste des figures

Figure n°	Titre	Page n°
01	Le zinc à l'état naturel	6
02	Le cadmium à l'état naturel	7
03	Cadre géographique de la réserve naturelle de Béni-belaïd	9
04	Localisation des stations d'échantillonnage	13
05	Variation stationnelles du pH dans le sol	17
06	Variation stationnelles des teneurs en matière organique dans le sol.	17
07	Variation stationnelles des taux du calcaire total dans le sol	18
08	Variation stationnelles de la capacité d'échange cationique dans le sol	19
09	Répartition des fractions granulométriques par stations	19
10	Triangle textural et classes texturales	20
11	Variations spatiales des tenures moyennes en cadmium	22
12	Variations stationnelles des tenures moyennes en zinc.	23

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page n°
I	Résultats des propriétés physico-chimiques des sols étudiés	16
II	Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques	20
III	Résultats des teneurs métalliques moyennes en cadmium et en zinc dans le sol.	21
IV	Matrice de corrélation du zinc et du cadmium avec les paramètres du sol	24

Introduction

Introduction

Comme la plupart des zones agricoles, la région de Beni-belaïd a connue un accroissement dans plusieurs secteurs ; l'urbanisme et l'activité agricole en particulier. Ce développement a entraîné une des perturbations plus ou moins importantes de l'écosystème environnant, en particulier le sol. En effet, certaines pratiques agricoles sont à l'origine de l'introduction des éléments traces métalliques dans les sols. Les produits destinés à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol sont souvent plus riches en éléments traces métalliques que le sol lui-même, d'où l'enrichissement en ces éléments de ces sols. **(Baurelier et Bertelin, 1998).**

Cependant, une large gamme de ces produits (les engrais chimiques en particuliers) tels que les engrais phosphatés (superphosphates) et azotés, renferment des teneurs très élevées en zinc et en cadmium. Selon leur origine la prévention du risque lié à ces éléments passe ainsi par une meilleure compréhension du milieu naturel (sol) et du devenir de ces polluants. **(Baurelier et Bertelin, 1998).**

Dans notre étude, nous allons essayer d'évaluer les teneurs actuelles de ces sols en cadmium et en zinc. Ces deux éléments présentent des propriétés et des toxicités différentes qui dépendent avant tout de l'élément considéré. Ainsi, il apparait que le cadmium est considéré comme 1000 fois plus toxique que le zinc alors que ces teneurs dans le sol sont beaucoup plus faibles **(Baurelier et Bertelin, 1998).**

Pour cela, il est nécessaire :

- ✓ D'identifier les propriétés physico-chimiques du sol en question.
- ✓ D'analyser la fraction totale de ces deux éléments dans ces sols.

Ce travail est composé des chapitres suivant:

- ✓ Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur quelques notions d'éléments étudiés.
- ✓ Le second chapitre décrit la démarche scientifique entreprise et la région d'étude choisie.
- ✓ Le troisième chapitre correspond aux résultats et discussion.

Le travail sera clôturé par une conclusion générale.

chapitre I



Synthèse Bibliographique

1-Le sol

1-1- Définition

Le sol est la couche la plus superficielle de la géosphère, il repose sur le sous-sol rocheux. Un sol est un milieu hétérogène polyphasé, dispersé et poreux (**lemière et al, 2001**). Le sol est un compartiment complexe, un carrefour multifonctionnel, en relation avec la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère (**Gobat et al., 1998**). Il est le résultat de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (**Lozet & Mathieu, 1997**).

C'est un corps naturel de constitution minérale et organique, différencié en horizons d'épaisseur variable, qui diffère du matériau sous-jacent par sa morphologie, ses propriétés physique et chimique, sa composition et ses caractéristiques biologiques (**Calvet, 2003**).

1-2-Intérêt du sol agricole

Selon **Bur (2008)**, outre l'intérêt évident des sols dans le fonctionnement des écosystèmes, ils présentent des utilités diverses pour les sociétés humaines : support des individus et des constructions, production de nourriture et de bois, ressources en matériaux divers, épuration et stockage de déchets, production d'énergie, protection contre les radiations, puits de carbone... Parmi ces usages la production de nourriture est certainement celle qui concerne la part la plus importante des surfaces anthropisées de la planète.

Les modes de production sont variés et nous nous focaliserons sur les pratiques agricoles des pays occidentaux développés qui affectent le sol et les écosystèmes qui y sont établis par différentes voies :

- Maîtrise de la couverture végétale;
- Travail régulier du sol (généralement labour);
- Apport d'amendements, de fertilisants, de produits phytosanitaires et des substances associées;
- Export de tout ou partie des végétaux cultivés.

Nous nous focaliserons, sur leur importance vis-à-vis de l'apport de substances potentiellement toxiques pour ces milieux. Plus particulièrement, nous envisagerons l'effet des apports en ETM sur les sols agricoles.

1-3-La contamination des sols

Les sites contaminés sont généralement définis comme des sites où sont détectées des substances dangereuses -et, par conséquent présentant au moins une concentration d'une substance dangereuse connue. La pollution peut être localisée ou diffusée (**Alian, V. Alian, B, 2007**)

1-3-1-Les pollutions ponctuelles

Les pollutions ponctuelles se caractérisent par la présence locale de fortes concentrations de substances dangereuses, non confinées dans les sols et sous-sols, donnant naissance à des « sites localement contaminés ». A l'origine de la contamination, l'étendue de l'espace affecté était généralement faible et l'on observe de forts gradients de concentration dans toutes les directions entre la zone source et les zones périphériques (**Alian, V. Alian, B, 2007**)

1-3-2-Les pollutions diffuses

Les pollutions diffuses sont dues à la dispersion puis à l'accumulation, au cours du temps, de substances dangereuses sur d'importantes surfaces de sols. Les gradients de concentration horizontaux sont généralement faibles et ces sites sont considérés comme des « sites uniformément contaminés » (**Alian, V. Alian, B, 2007**).

1-4-Les éléments traces métalliques (ETM)

La convention de Genève désigne par le terme « métaux lourd » les éléments possédant une masse volumique supérieur ou égale à $4,5\text{g.cm}^{-3}$ (**Wild, 1993 et Robert, 1996**). Cependant, ce terme est souvent remplacé par « élément traces métallique » ETM. Les métaux lourds sont dits à l'état de trace lorsque leur concentration est inférieure à 1g.kg^{-1} de matière sèche chez les êtres vivants (**Albain, 2003**). La plupart des éléments traces métalliques ne sont que très faiblement volatils et ne sont pas biodégradables. Ces deux principales caractéristique confèrent aux éléments traces métalliques un grand pouvoir d'accumulation dans tous les compartiments de la biosphère (**Baize, 1997**).

Ainsi, même si nombreux d'autre eux sont indispensables dans les différentes étapes des divers cycles métalliques (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), l'augmentation de leur concentration, dans l'environnement associées à leur capacité d'accumulation, induisent des risques pour le développement des différents organismes (**OMS, 1997**).

1-5-Les ETM dans le sol

Les ETM dans les soles proviennent en partie de l'altération de la roche mère mais aussi de sources externes au sol : dépôts atmosphériques, épandages d'engrais et différentes activités humains (**Baize, 2002**).

La concentration naturelle de ces éléments dans les sols varie selon la roche, sa localisation, son âge et de la nature de l'élément (**Robert, 1996**).

Dans le cas des éléments traces métalliques, ceux provenant d'apport anthropique sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieures aux éléments d'origine naturelle qui sont souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (**Amir, 2005**).

En effet, à l'héritage pédo-géologique initial précédemment évoqué, sont venus s'ajouter deux principaux types de pollutions anthropiques qui sont responsable de l'augmentation des flux de métaux : la pollution atmosphérique (rejet urbains et industriel) et la pollution lié aux activités agricoles (épandages des fertilisons, pesticides, irrigations) (**Chassin, et al., 1996**).

1-6-Relations métaux lourds - sol

Le sol C'est un milieu de conservation capable de réduire la mobilité des métaux lourds par un phénomène d'adsorption aux particules du sol et aux racines des plantes. Mais le sol est également réactif c'est-à-dire qu'il transforme chimiquement les métaux lourds et ce à l'aide d'organismes vivants. Ceci se traduit au niveau du cycle de la nature par la décomposition continue de la biomasse morte et dont les éléments s'accumulent avec les éléments humiques et minéraux argileux. De ce fait les sols ne sont pas uniquement un lieu de déposition des métaux lourds, ils sont également des sources de substances disponibles pour la constitution d'une nouvelle biomasse (**Kadem, 2005**).

Finalement, les sols sont un milieu d'écoulement des métaux lourds qui ne sont pas adsorbées ou ne le sont que difficilement et qui sont transportées avec l'eau de percolation dans les couches plus profondes ou même dans les eaux souterraines (**Kadem, 2005**).

1-7-Relation ETM propriétés physicochimique du sol

1-7-1-Le pH

Le pH des sols est l'une des propriétés essentielles déterminant le comportement des éléments chimiques. Il tient un rôle majeur dans la mobilité des ETM, notamment dans leur mise en solution et leur mobilité à travers le solum. La diminution du pH de la solution du sol est accompagnée par un accroissement du nombre de protons dans la solution, qui entrent en compétition avec les cations métalliques adsorbés sur la CEC et provoquent finalement leur libération dans la phase aqueuse (Davies et Leckie, 1978 ; Strumm et Morgan, 1981 ; Sposito, 1989 ; Swift et McLaren, 1991).

L'augmentation du pH favorise l'adsorption des éléments traces métalliques par le sol : elle entraîne l'augmentation du nombre de sites d'adsorption liés aux groupements carboxyliques de la matière organique et aux groupements hydroxydes et oxydes des minéraux argileux et la diminution de la compétition des ions H^+ (Ziza, 1994).

1-7-2-La matière organique

La matière organique joue un rôle important dans la mobilité et la biodisponibilité des métaux lourds dans le sol (Singh et al., 1997). La matière organique augmenterait la rétention préférentielles du plomb à celle du cuivre et celle du cadmium à celle du zinc, de ce fait ils constatent que la diminution de la matière organique du sol entraîne la réduction de l'adsorption des quatre métaux cités précédemment, par contre elle favorise leur disponibilité (Eliot et al., 1986).

1-7-3-Le calcaire total

En sol calcaire, les carbonates de calcium sont les constituants majeurs qui interviennent dans la fixation des éléments traces métalliques, soit par adsorption, par précipitation d'hydroxydes ou de carbonates, ou encore par insertion dans le réseau de $CaCO_3$ (Perrono, 1999).

1-7-4-La capacité d'échange cationique (CEC)

Selon Ahumada et al., (1984) In Abdul Rida (1992), la capacité d'échange cationique représente un élément important dans la compréhension de l'adsorption des ETM dans les sols.

Yang (2003) In Behaz (2005), montre qu'il y a une rétention des éléments (Cd, Zn, Pb et Ni) par le sol quand la CEC est élevée. Cette augmentation de la CEC abaisse la biodisponibilité de ces éléments d'où la diminution de leurs teneurs dans les plantes.

1-7-5-La texture du sol

Aubert et Pinta (1971) In Abdul Rida (1992), ont signalé l'existence d'une relation positive entre les teneurs en éléments traces métalliques et celle en argile et en limon.

En plus, la partie fine du sol (fraction argileuse) joue un rôle important dans les processus d'adsorption des éléments traces, l'importance de la fraction fine est due aux propriétés colloïdales qu'elle possède et permet de fixer une quantité appréciable d'éléments métalliques (**Abdul Rida, 1992**). On trouve une fraction importante des ETM du sol dans la phase argileuse: ils sont inclus dans les réseaux silicatés sous une forme très peu disponible, ou encore adsorbés à la périphérie des argiles (**Perrono, 1999**).

1-8- Les éléments traces métalliques étudiés

1-8-1- Le zinc (Zn)



Figure 01. Le zinc à l'état naturel

1-8-1-1-Description du métal

Le zinc est un métal blanc, de symbole Zn, de numéro atomique 30 il appartient à la famille des métaux de transition (voir tableau périodique) (**LENNTECH, 2007b**).

1-8-1-2-Propriétés physico-chimiques (**LENNTECH, 2007b**)

Nom, symbole, numéro : Zinc, Zn, 30;

Masse volumique: 7,11 g/cm³ à 20°C;

Masse atomique : 65,35 g/mol;

Etat d'oxydation : +2,

Température de fusion : 420°C;

Température d'ébullition : 2945K;

1-8-1-3-Teneurs limites dans le sol

Le zinc apparaît distribué de manière relativement uniforme au sein des roches magmatiques. Les roches basiques contiennent toute fois un peu plus du zinc (80 à 120 ppm) que les roches acides (40 à 60 ppm). Les sédiments argileux et les schistes renferment, comme les roches basiques, de 80 à 120 ppm de zinc. Les roches carbonifères et les grés sont pauvres de 10 à 30 ppm. La moyenne mondiale de zinc dans les sols s'établit à 64 ppm (Coullery, 1997).

Rousseaux, (1988) trouve un maximum « normal » de 300 ppm avec une moyenne de 50 ppm. Il y a peu de sols contaminés de façon géogène par le zinc. A peu près toutes les surfaces contenant des quantités importantes de zinc sont le résultat d'activités humaines. Les émissions des fonderies et des usines d'incinérations, l'utilisation excessive des fertilisants à base de zinc et des pesticides, l'épandage des boues d'épuration et de purin, la dispersion de zinc provenant des activités minières et de galvanoplastie peuvent causer des contaminations suffisantes pouvant conduire à des problèmes de phytotoxicité, en sol acide (Chaney, 1993 ; Coullery, 1997).

1-8-2-Le cadmium (Cd)

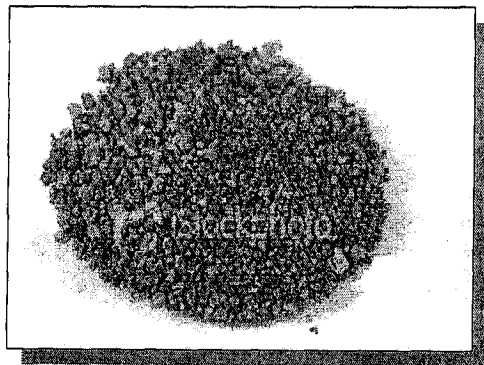


Figure 02. Le cadmium à l'état naturel.

1-8-2-1-Description du métal

Le cadmium est un métal blanc brillant, de symbole Cd, utilisé pour le revêtement de certains matériaux, de numéro atomique 48. On le trouve sous forme de sulfure ou associé au Zn, Pb et Cu (LENNTECH, 2007a).

1-8-2-2-Propriétés physico-chimiques (LENNTECH, 2007a)

Nom, symbole, numéro : Cadmium, Cd, 48;

Masse volumique: 8,65g/cm³ à 20°C;

Masse atomique : 112,41g/mol;

Etat d'oxydation : +2;

Température de fusion : 594,22K;

Température d'ébullition : 1014K;

1-8-2-3-Teneurs limites dans le sol

Sa teneur est principalement déterminée par la teneur de la roche mère. Les concentrations moyennes dans le sol se situent entre 0.06 et 1.1 ppm (Coullery, 1997).

Rousseaux (1988), donne un "maximum" normal de 0.7 mg/Cd/kg MS. Les concentrations ne semblent pas être strictement reliées à une typologie, bien que les teneurs les plus fortes se rencontrent dans les histosols et les teneurs les plus faibles dans les podzols.

Ces teneurs naturelles sont sujettes à des augmentations suite à différents types d'apports anthropogènes :

- les retombées atmosphériques lointaines : contamination générale diffuse ;
- les retombées atmosphériques locales : contamination locale ;
- les apports directs gérés à la parcelle : contamination agricole résultant de trois groupes d'activité :
 - les épandages et amendements agricoles (le Cd peut être assez abondant dans les engrais phosphatés) ;
 - les sources industrielles : le Cd est un sous produit du raffinage du zinc. Il peut être libéré dans l'atmosphère lors de la métallurgie du fer et de l'acier, lors de l'affinage du plomb ;
 - enfin de nombreuses activités urbaines et le trafic routier libèrent le Cd dans l'environnement : incinération des déchets domestiques, combustion des carburants fossiles (pétrole, charbons, tourbes) ; boues des stations d'épuration ;...etc.

chapitre II

Matériel et Méthodes

2-Présentation de la zone d'étude

2-1-Situation géographique et administrative

La zone humide de Beni-belaïd est située dans le littoral Est de la Wilaya de Jijel, à quelques 32 km de son chef-lieu. Elle se trouve à quelques 4 Km au Nord-Est du chef-lieu de la commune de Kheiri Oued Adjoul, à 6,5 km au Nord de la Commune de Djema-Beni-H'bib et à 4 Km l'Est de Sidi-Abdelaziz. Son site constitue le prolongement de la plaine de Belghimouz vers le Nord (Figure 03).

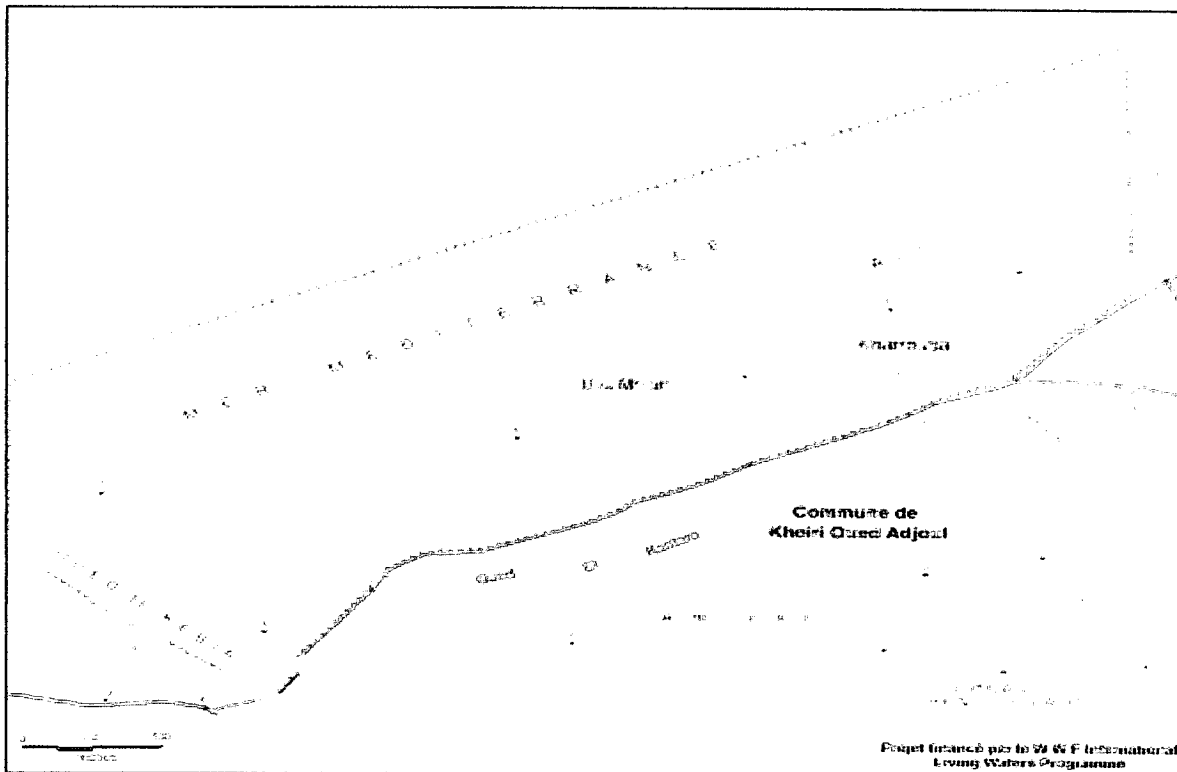


Figure 03. Cadre géographique de la réserve naturelle de Béni-belaïd (OFEFP, 2003).

Administrativement, elle appartient à la daïra d'El-Ancer. Elle est limitée au Nord par la mer, au Sud par des terrains agricoles, à l'Ouest par le rivage de l'Embouchure de Oued-El-Kébir et à l'Est par la jonction d'un bourrelet de dunes avec la plage. Sa superficie est de 600 ha. L'accès au site se fait à partir de la RN°43 au niveau de l'agglomération de Belghimouz. Un deuxième accès est également possible moyennant le chemin de Wilaya (C.W 32). Ce dernier, bifurque à proximité de la commune Béni-H'bib, traverse l'Oued-El-Kébir et rejoint le chef-lieu de la commune d'Oued Adjoul (OFEFP, 2003).

2-2-Réseau hydrographique

Le site de Béni-Bélaïd qui constitue le prolongement Nord de la plaine alluviale de Belghimouz est drainé par un réseau hydrographique caractérisé par la fréquence élevée des confluences et la forte densité de drainage (crues rapides et puissantes). Sa nature de plaine favorise l'abondance des ressources en eaux fluviales.

Le débit de l'Oued El Kébir à El Ancer est de l'ordre de 390 hm, et à l'estuaire est de 412 hm.

Le surplus représente le débit d'Oued Adjoul, qui sillonne diagonalement la plaine dans sa partie Nord. Lors des crues de faibles récurrences, il se produit des débordements et des inondations qui donnent lieu à la constitution de marécages persistants et temporaires dont celui du lac de Béni-Bélaïd en témoigne (OFEFP, 2003).

2-3-Géologie-Pédologie

2-3-1-La géologie

La géologie de la région fait partie d'un grand contexte géomorphologique très compartimenté, reflet de la nette opposition topographique Tell-Hautes plaines qui le caractérise. Elle se caractérise également par un édifice géologique beaucoup plus complexe; constituée par nombreuse série hétérogène empilée au cours de phases tectoniques successives (OFEFP, 2003).

La plaine de Béni-Bélaïd est située dans l'une des séries complexes de la zone côtière du secteur des massifs anciens de la petite Kabylie, elle est délimitée par des chaînes montagneuses formées essentiellement de terrains métamorphiques et recouvertes de lambeaux oligo-miocène (argilo-gréseux) et traversées par des roches éruptives datant du miocène. Ces montagnes d'Age jeune sont très accidentées, entaillées par des vallées profondes à évolution morphologique très rapide. La plaine de Belghimouz à l'Est par exemple est caractérisée par des dépôts de charriages, d'alluvions d'argiles, de limons de sable fin et grossier du quaternaire (OFEFP, 2003).

2-3-2-La pédologie

La région de Jijel présente quatre principaux types de sol :

- ☞ sols bruns parfois lessivés, couvrant 50% de la superficie de texture moyenne à fine.
- ☞ sols bruns calcaires sur marne, de texture lourde, généralement peu épais sur les fortes pentes, caractérisés par une bonne capacité de rétention.

☞ sols peu évolués d'érosion, sur substrats calcaires.

☞ sols d'apports alluviales profonds, de texture variable, plus riche en éléments fertilisants

Dans les endroits nus du cordon dunaire où le sable est continuellement remanié par le vent, il est de couleur blanche ou beige friable et sans structure. Dans les endroits couverts de végétation (*Rétama*, *Tamarix*), le sable est friable en surface, de plus en plus humide et compact en dessous de couleur beige à gris. Au niveau de la partie inondée, le sol est formé de dépôts vaseux issus de la matière organique ainsi que de sédiments qui ont évolués avec le temps vers une couche compacte ou tourbière

La pédogenèse de la région de zone donne des sols à dominance d'apports alluviaux, profonds, de texture variable plus riche en éléments fertilisants (ANONYME, 1996).

2-4-Etude du climat

Le climat est un facteur très important. Sa connaissance est nécessaire du fait qu'elle détermine la répartition générale de la végétation et de la faune, et de leur forme d'adaptation.

Le site en question est sous l'influence directe de la mer et se trouve protégé du reste par une chaîne montagneuse bordière à l'image d'une vallée élargie et ouverte uniquement d'un seul côté, le Nord. La zone à laquelle il appartient, est très pluvieuse. Cette dernière se trouve considérablement rehaussée par le rôle de compensation que joue le reste des facteurs climatiques. Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen. (OFEFP, 2003).

2-5- L'Agriculture (l'agro-système)

L'agriculture est basée principalement sur les cultures maraîchères sous serre et en plein champ. En parallèle, les agriculteurs pratiquent un élevage extensif en laissant pâturer librement leur bétail surtout dans les prairies humides mais également dans la peupleraie et la zone dunaire. Les espèces végétales dominantes sont représentées par : *Eryngium Barrelieri*, *Crypsis alopecuroides*, *Xanthium strumarium*, *Carlina sp*, *Vitex agnus castus*, *Euphorbia sp ...etc* (OFEFP, 2003).

2-5-1-Les cultures sous serre

Selon les données de la délégation de l'agriculture, la superficie agricole totale est 3575 ha dont 12 ha sont réservés aux cultures sous serres pour un nombre total de 253 serres.

Les cultures maraîchères sont les plus actuellement en vue en raison de revenus nettes supérieures par rapports au reste des cultures. C'est une forme d'adaptation aux conditions du marché et de l'évolution des systèmes cultureux vers une agriculture qui utilise les intrants chimiques.

Les principales cultures pratiquées dans la commune sont celles de première consommation telles que : la pomme de terre, la carotte, l'oignon, le poivron, ainsi que la fraise à grande échelle ces dernières années (OFEFP, 2003).

2-5-2-Les cultures de plein champ

Dans ces périmètres sont cultivés des légumes et fruits comme la pastèque, le melon, la tomate ainsi que la fraise, à grande échelle ces dernières années. Ces cultures occupent une superficie de 77,56 ha. Le choix de ces cultures a des objectifs d'abord financiers. Se sont des cultures qui permettent une récupération aisée des frais de production car les conditions naturelles sont très favorables (OFEFP, 2003).

2-6- Plan d'échantillonnage

Quatre stations ont été retenues au sein de notre zone d'étude en fonction de l'accessibilité du terrain (clôturé ou non). La première station est située à l'entrée de la réserve. La deuxième station située à environ 250 m de la première. La troisième station est située à environ 300 m de la deuxième, tant dis que la quatrième station est située en bas de la réserve vers le zone des lacs (Figure 04).



Figure 04. Localisation des stations d'échantillonnage (*Google earth, 2008*).

2-6-1- Prélèvement des échantillons du sol

An niveau de chaque station, les échantillons sont prélevés avec la tarière à une profondeur de 0-40 cm en deux répétitions. Nous avons prélevé, ainsi, 08 échantillons de sols au total. En effet, le choix de la profondeur des échantillons était conditionné par la nature texturale du sol (important dépôt du sable) ainsi que la présence de la roche mère sous jacente. *l'échantillonnage à été fait le 07 avril 2011.*

2-6-2-Préparation des échantillons du sol

Le sol a été séché à l'air libre, puis tamisé à 2 mm avant de servir aux différentes analyses physico-chimiques.

2-6-3-Analyses physico-chimiques de sol

2-6-3-1-Le pH

La détermination du pH s'effectue en mesurant la force électromotrice qui apparaît entre deux électrodes plongées dans la solution à étudiée. L'une d'entre elle est l'électrode de mesure ou électrode indicatrice (électrode de verre), l'autre est une électrode de référence ou de comparaison.

Le procédé consiste à ajouter à 4g de sol, 10ml d'eau distillée. La suspension est agitée pendant 60 minutes, puis laissée en repos pendant 18 heures. Elle est par la suite réagitée de nouveau pendant 15 minutes. Le pH est mesuré par la suite à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné avec les solutions étalon pH4, pH7 et pH11 (AFNOR, 1998).

La valeur du pH de la solution du sol est lue sur l'écran digital du pH mètre.

2-6-3-2-La matière organique

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants les plus importants : le carbone. Le dosage de ce dernier est effectué par la méthode de **WALKLEY-BLACK (1934)**. Celle-ci se base sur l'oxydation du carbone par le bichromate de potassium en milieu acide. Le procédé consiste à introduire 1g de sol dans un erlenmeyer de 500ml, auquel est ajouté 10ml de solution de bichromate 1N et 20ml d'acide sulfurique concentré pur. Après agitation pendant une minute on laisse reposer durant 30minutes. Au contenu de l'erlenmeyer on ajoute 150ml d'eau distillée, 10ml de H_3PO_4 et 1ml de l'indicateur de diphénylamine.

La titration est effectuée avec la solution de $FeSO_4$ jusqu'au virage de l'indicateur au vert. Un essai à blanc doit être effectué.

Le pourcentage de la matière organique est donné par l'équation suivante :

$$\% MO = 4 \times 0,1725 (a-b)/a$$

Où:

a= volume en ml de la solution de $FeSO_4$ ajouté au blanc ;

b=volume en ml de la solution de $FeSO_4$ ajouté au sol.



2-6-3-3-Le calcaire total

La détermination de la quantité totale de calcaire du sol est réalisée en dosant la quantité totale de carbonates présents, selon la réaction suivante :



Le volume de CO_2 dégagé est proportionnel à la quantité de carbonates présents à une température et une pression constante.

Il est déterminé avec le calcimètre de Bernard, qui doit être préalablement étalonné avec des quantités connues de $CaCO_3$. Pour cela, 1g de sol tamisé à 2mm est introduit dans un erlenmeyer avec 4 ml de HCl contenus dans un tube à hémolyse. Après fermeture du bouchon, l'erlenmeyer est agité et le volume de CO_2 dégagé correspond au niveau atteint par le liquide de la burette du calcimètre.

La quantité de gaz carbonique présente dans le sol est ensuite déduite de la courbe d'étalonnage. Après on convertit le taux de calcaire en pourcentage (AFNOR, 1994).

2-6-3-4- La capacité d'échange cationique

La méthode utilisée est celle décrite par la norme française (AFNOR, 1994). Elle consiste à saturer par les ions NH_4^+ par traitement de l'échantillon avec une solution d'oxalate d'ammonium, l'excès de NH_4^+ qui sature les pores est éliminé par lavage à l'alcool éthylique à 95 %. Les ions NH_4^+ adsorbés sont déplacés à l'aide d'une solution de chlorure de potassium. L'ammoniaque est alors déterminée par titration avec une solution de H_2SO_4 (0,025 mol/L). Pour cela, on procède d'abord à la préparation de la solution du sol. Celle-ci correspond au surnageant d'un mélange de 5g de sol, de 750 mg de CaCO_3 et de 50 ml de la solution d'oxalate d'ammonium, obtenu après centrifugation à 4000 tr/min pendant 10 minutes.

Dix millilitres de cette solution du sol sont ensuite prélevés et mélangés à 10ml de NaOH, 190 ml d'eau distillée et quelques gouttes du phénol phtaléine, dans un ballon de un litre placé dans un chauffe-ballon surmonté d'un ensemble tube-réfrigérant dont l'ensemble débouche dans un bûcher collecteur renfermant 40ml de l'acide borique et quelques gouttes de l'indicateur de Tachiro.

Le calcul de la capacité d'échange cationique s'effectue selon l'équation suivante :

$$T = \frac{(V_2 - V_1) \times C \times 50 \times 2 \times 100}{m \times V}$$

Où :

V_2 = volume du témoin ; v_1 = volume de l'échantillon ; C = concentration de H_2SO_4 , égale 0,025 mol/L ; m = 5g du sol ; V = 10 ml de la solution du sol.

2-6-3-5-La granulométrie

Les analyses granulométriques ont porté sur l'ensemble des stations étudiées au niveau du périmètre d'étude. La méthode utilisée pour la détermination des fractions granulométriques est la méthode internationale, à la pipette de Robinson, améliorée par (AFNOR, 1994). Elle consiste à séparer la partie minérale du sol en fractions selon le diamètre des particules et à déterminer, les proportions relatives à ces fractions.

Les fractions grossières, sables grossiers et fins, sont séparées par tamisage, tandis que les fractions fines, limons et argiles, sont séparées par sédimentation. Le prélèvement de ces dernières se base sur la relation liant le temps de sédimentation et le diamètre des particules, donnée par la loi de Stocks. On prélève un petit volume connu de la suspension dont on pèsera le résidu solide après évaporation du liquide.

Il est à noter, qu'avant toute analyse granulométrique, on doit procéder à :

-une destruction de la matière organique avec 100ml de H_2O_2 (110V), ainsi que celle du calcaire avec 100ml de HCL 0,2 N ;

-une dispersion des colloïdes par l'adjonction d'un agent défloculant (peptisant) : l'hexamétaphosphate.

2-7- Méthodes de dosage du zinc et du cadmium dan le sol

2-7-1- Préparation des extraits de sol

L'extraction est faite avec l'eau régale dont le grand pouvoir de dissolution est dû à l'effet combiné d'un acide oxydant HNO_3 et des ions Cl^+ complexant (provenant de l'acide chlorhydrique).

Cette méthode permet aussi la détermination de la quantité totale de toute une série d'éléments majeurs et traces.

Le procédé d'extraction décrit par **HOENING et al., (1979)**, consiste à ajouter, à 1g de sol, de l'eau régale, constituée de 3ml d'HCL concentré et 1 ml de HNO_3 concentré, dans un erlenmeyer rodé de 250ml, fixé sous réfrigérant et chauffé jusqu'à ébullition durant 15 minutes. Après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques ml d'eau déminéralisée, le contenu de l'erlenmeyer est filtré sur papier filtre sans cendre, lavé aux acides à vitesse moyenne de filtration ou sur membrane de type Millopore, dans un ballon jaugé de 50 à 100ml selon le besoin.

Le dosage est effectué par spectroscopie d'absorption atomique (S.A.A).

2-7-2-Justification du choix des normes

Vouloir fixer une seule valeur seuil (normale) pour tous les types de sols est à la fois impossible et déraisonnable (**Miquel, 2001**). C'est la raison pour laquelle chaque pays s'est doté de normes qu'il a jugées appropriées à la nature de ses sols et de la flore installée.

Dans le contexte de notre travail, on s'est référé aux valeurs indicatives proposées par la norme AFNOR et qui correspondent généralement aux valeurs basses tolérées par la CEE.

2-8-Analyse statistique

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes, d'écart types, et des matrices de corrélation. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur. Tous les calculs ont été effectués en utilisant le logiciel STATISTICA (version 6.0). Pour illustrer nos résultats, nous avons réalisé des histogrammes.

3- Caractérisation physico-chimique des sols prélevés

Les différents résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques des sols étudiés sont représentés par leurs éléments statistiques dans le tableau I et en (annexe 01).

Tableau I. Résultats des propriétés physico-chimiques des sols étudiés.

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
pH	6.73	8.23	7.52	0.68
MO	1.02	1.66	1.33	0.24
CaCO ₃	0.00	0.70	0.018	0.029
CEC	2.00	9.50	6.31	2.76
Argile	2.00	9.00	5.75	2.76
Limon	4.00	7.00	5.75	1.16
Sable	84.00	92.00	88.50	3.11

3-1- Le potentiel hydrique (pH)

Le pH des sols étudiés présente des valeurs qui varient entre un minimum de 6,73 et un maximum de 8,23, avec une moyenne de 7,52 et un écart-type de 0,68. D'après la (Figure 05), les valeurs du pH présentent une certaine hétérogénéité entre les stations. En effet, l'analyse de la variance fait apparaître un effet station très significatif ($F=178,79$; $p<0,01$) (annexe02). Selon le Ministère français de la coopération (1974), le pH est légèrement alcalin entre 7,40 et 8,80 et moyennement alcalin entre 7,90 à 8,40.

Selon **Baize et Jabiol (1995)**, les sols calcaires ont un pH varié entre 7,30 et 8,50 et c'est le cas des sols étudiés.

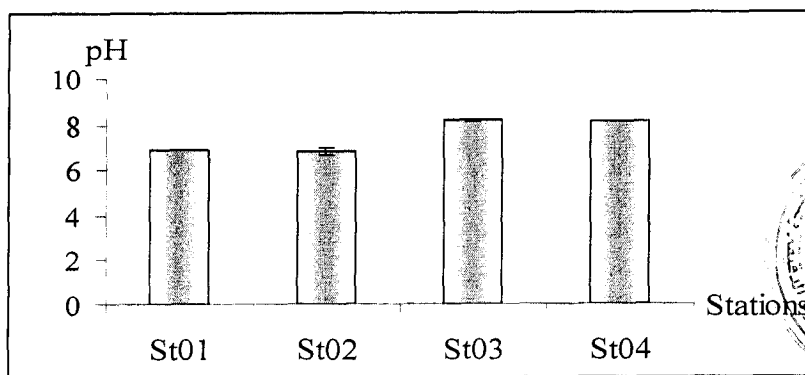


Figure 05. Variations moyenne du pH dans le sol des diverses stations.

3-2- La Matière organique (MO%)

En ce qui concerne la matière organique, le minimum est de 1,02% et le maximum est de 1,66%, avec une moyenne de 1,33% est un écart-type de 0,24. Ce dernier est faiblement différent de la moyenne, ce qui explique la faible variation des taux de la matière organique d'une station à l'autre (Figure 06). Ceci est confirmé par l'analyse de la variance qui ne fait apparaître aucun effet station.

En effet, la représentation graphique des moyennes montre que les stations st (02) et st (03) possèdent plus de matière organique que les deux autres stations.

Duthil (1970), affirme que le taux de matière organique est normal lors qu'il est inférieure à 4%, ce qui est le cas des sols de la zone d'étude.

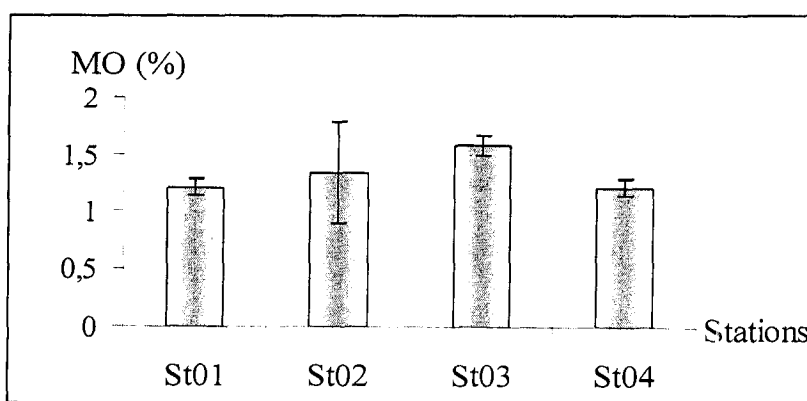


Figure 06. Variation moyenne des teneurs en matière organique dans le sol des diverses stations

Pratiquement, 37,5% des sols analysés ont des valeurs comprises dans l'intervalle des taux normaux (1,5 - 2,5%) donné par **Duthil (1970)**, et 62,5% ont des teneurs inférieures à 1,5%.

1-3-Le Calcaire total (CaCO_3)

L'analyse du calcaire total montre que les taux de ce dernier s'échelonnent de 0% à 7% avec une moyenne de 0,018% et un écart-type de 0,029%.

De plus, la représentation graphique des résultats obtenus montre une grande variation de la teneur des sols en calcaire total d'une station à l'autre (Figure 07). En effet, l'analyse de la variance fait apparaître un effet station très significatif ($F=155,66$; $p<0,01$) (annexe 02).

D'après **Baize (1988)**, un sol est considéré riche en calcaire lorsque sa teneur en CaCO_3 dépasse 25%, ceci est loin d'être le cas dans le périmètre d'étude.

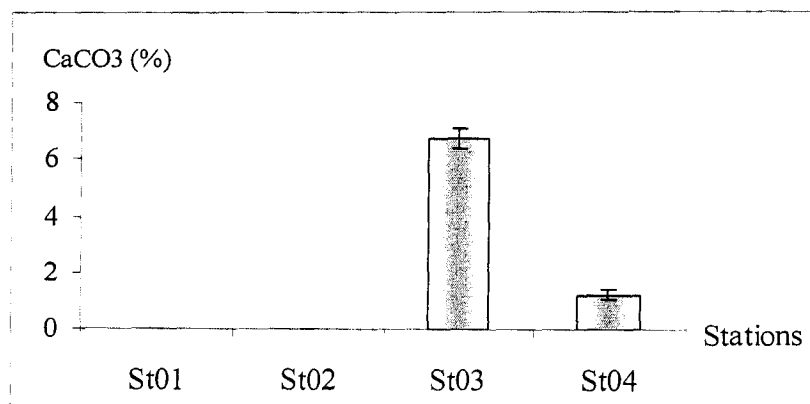


Figure 07. Variation moyenne du calcaire total dans le sol des diverses stations.

3-4-La capacité d'échange cationique (CEC)

Pour la capacité d'échange cationique, les valeurs moyennes varient de 2 méq/100g à 9,5 méq/100g, avec une moyenne de 6,31 méq/100g et un écart-type de 2,76.

En effet de l'examen de la (Figure 08) montre une légère variation de ses valeurs moyennes d'une station à une autre. Dans ce sens, l'analyse de la variance ne révèle aucun effet station significatif.

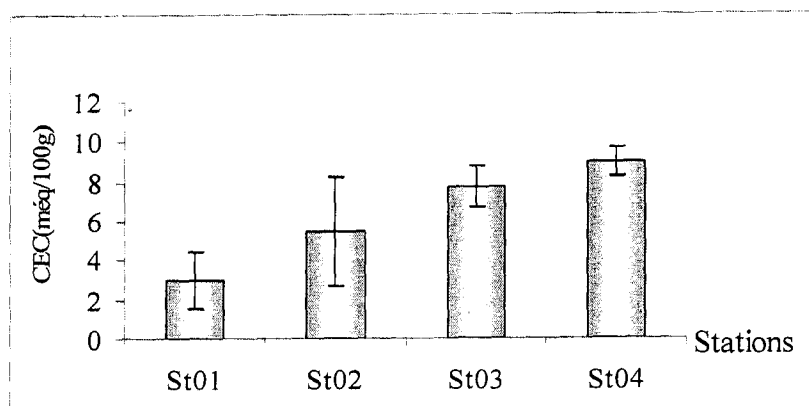


Figure 08. Variation moyenne de la capacité d'échange cationique dans le sol des diverses stations.

L'examen de la (Figure 08) montre que ce sont les deux stations (03) et (04) qui enregistrent respectivement, les valeurs moyennes les plus élevées 7,5 méq/100g et 9 méq/100g.

3-5- L'analyse granulométrique

L'étude granulométrique réalisée sur le sol des quatre stations montre que la répartition des fractions granulométrique est caractérisée par la prédominance de la fraction sableuse par rapport aux deux autres fractions : argile et limon (figure 09).

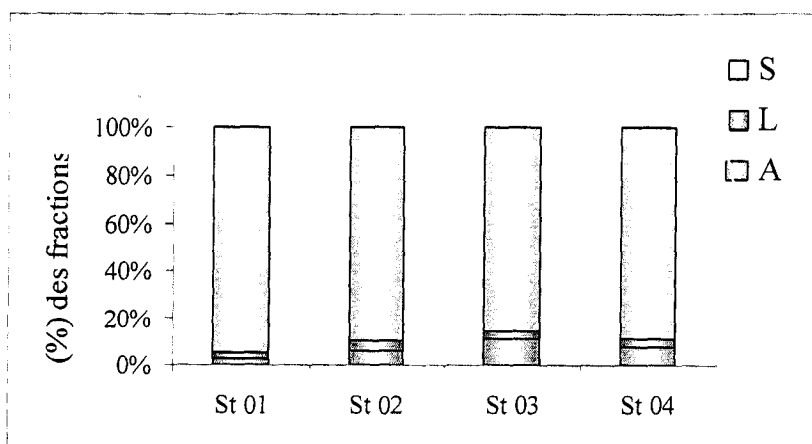


Figure 09. Répartition des fractions granulométriques par stations.

En effet, les résultats obtenues indiquent que :

- Une teneur moyenne très important au en sable, variante de $88,25\% \pm 2,86$.
- Une teneur moyenne assez faible en argile variant de $5,75\% \pm 2,76$;
- Une teneur moyenne en limon très faible variant de $3\% \pm 0,75\%$.

En reportant les pourcentages de sable, limon et argile dans le triangle textural américain (Figure 10) (Duchaufour, 1997) pour l'ensemble des stations, révèle la présence d'une seule classe texturale : sableuse.

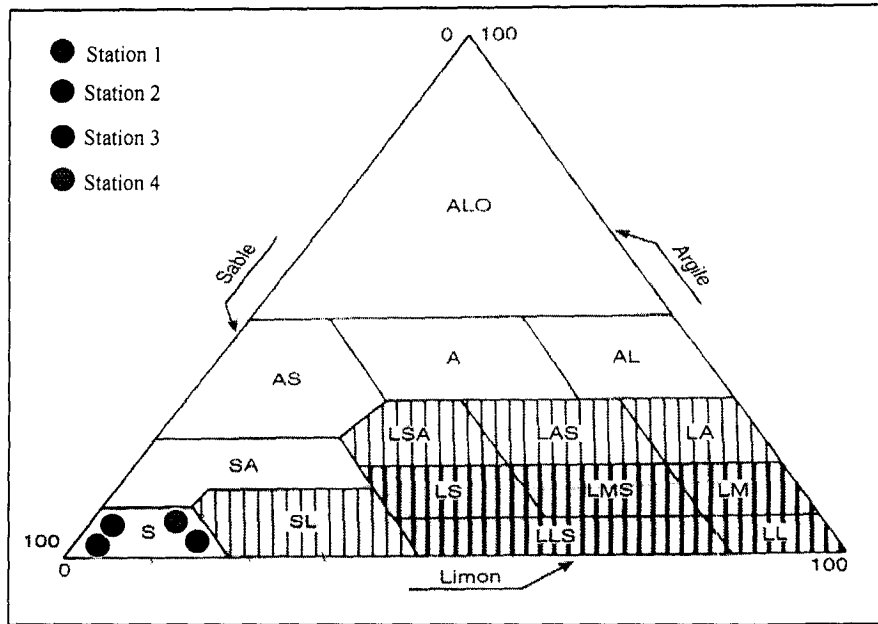


Figure 10. Triangle textural et classes texturales (Duchaufour, 1997).

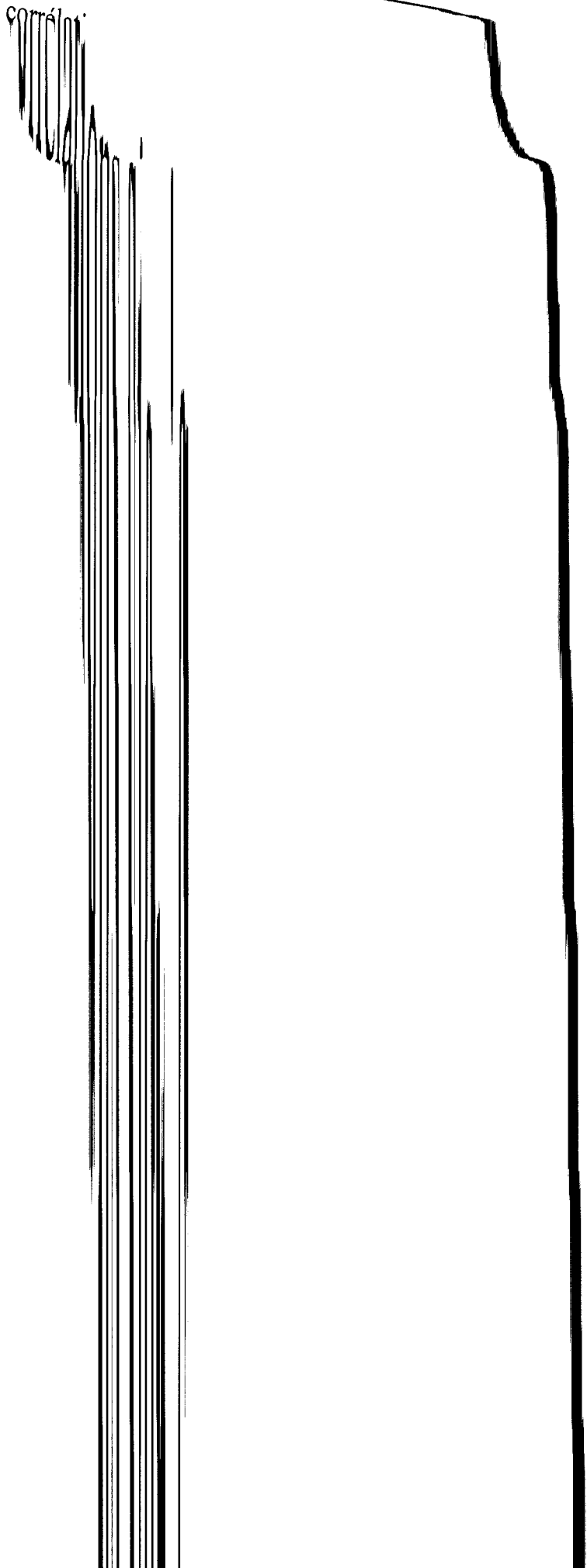
3-6-Discussion des résultats des paramètres physico-chimiques

Tableau II : Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques.

	pH	MO	CaCO ₃	CEC	Argile	Limon	Sable
pH	1.00	ns	0.71	0.80	ns	ns	ns
MO		1.00	ns	ns	ns	ns	ns
CaCO ₃			1.00	ns	ns	ns	ns
CEC				1.00	ns	ns	ns
Argile					1.00	ns	-0.92
Limon						1.00	ns
Sable							1.00

ns= corrélations non significatives au seuil ($\alpha = 0.05\%$).

La caractérisation physico-chimique des sols prélevés dans notre zone d'étude montre une certaine variabilité des paramètres étudiés (pH, matière organique, calcaire totale, capacité d'échange cationique et l'analyse granulométrique). En revanche, les paramètres présentent peu de corrélations significatives. Ainsi, l'examen du tableau II montre que le pH présente des



corrélations significatives et positives avec la teneur des sols en calcaire totale ($r=0,71$; $p<0,05$) et la capacité d'échange cationique ($r=0,80$; $p<0,05$). Par ailleurs, le sable semble être lié négativement et très significativement avec la fraction argileuse ($r= - 0,92$; $p<0,001$).

La variabilité des paramètres physico-chimiques enregistrés est due principalement aux pratiques agricoles appliquées. En effet, les sols à pH légèrement alcalin sont dus à l'utilisation de la brique poreuse dans les puits d'irrigation afin de désinfecter les eaux des germes pathogènes, ceci fait savoir que les eaux des puits sont utilisées pour faire boire le cheptel dans la région. Cette brique renferme principalement de la chaux et une fois elle est en contacte de l'eau' elle se dissout. Après irrigation, une quantité du calcaire va se trouver par la suite dans le sol.

Par ailleurs, la végétation cultivée (la fraise) où les échantillons du sol ont été prélevés, semble être la principale source de matière organique dans le sol, à travers ses feuilles morte.

3-7-Teneurs métalliques des sols

Les résultats des teneurs totales en cadmium et en zinc sont représentés par leur élément statistique dans le tableau III et en (annexe 03).

Tableau III. Résultats des teneurs métalliques moyennes en cadmium et en zinc dans le sol.

	Cd	Zn
<i>Minimum</i>	0.180	22.08
<i>Maximum</i>	1.080	51.42
<i>Moyenne</i>	0.472	38.41
<i>Ecart-type</i>	0.292	10.35
IL ⁽¹⁾	<i>2 ppm</i>	<i>300 ppm</i>
Nb ⁽²⁾	0	0

⁽¹⁾ Intervalle limite des ETM selon (AFNOR, 1998 ; in Baize, 2000).

⁽²⁾ Nombre des valeurs supérieures à cet intervalle.

3-7-1-Le Cadmium

D'après les résultats du tableau III, Les teneurs des sols en cadmium varient entre un minimum de 0,180 ppm et un maximum de 1,08 ppm avec une moyenne de 0,472 ppm et un écart-type de 0,292 ppm. Il ressort des résultats, que ces teneurs ne dépassent guère la valeur limite recommandée (0.2 ppm) AFNORE dans la totalité des stations.

L'examen de la (Figure 11) montre que ces teneurs présentent une faible variation d'une station à l'autre. En effet, cette constatation était vérifiée par l'analyse de la variance ne fait ressortir aucun effet station significatif. Par ailleurs, les échantillons de la station (02) présentent les teneurs les plus élevées en cadmium 0,720 ppm en moyenne.

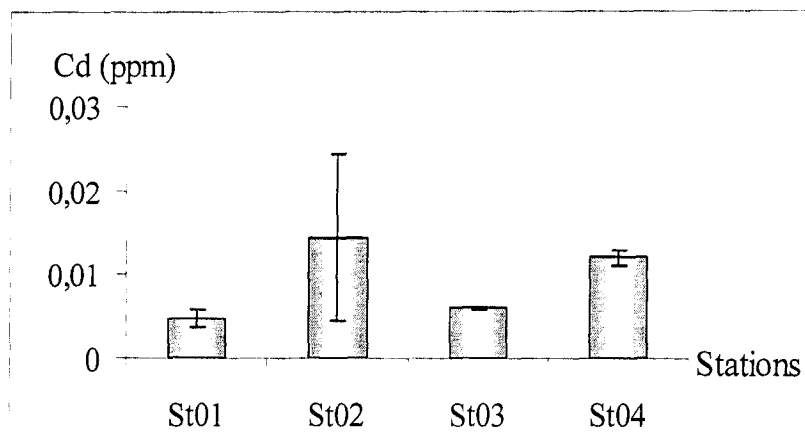


Figure 11. Variations moyenne des teneurs moyennes en cadmium dans les différentes stations.

3-7-2- Le Zinc

D'après les résultats du tableau III, les teneurs totales en zinc varient entre un minimum de 22,08 ppm et une maximum 51,42 ppm. La moyenne enregistrée est de 38,41 ppm avec un écart-type de 10,35 ppm. Les teneurs totales en zinc détectées dans la totalité des échantillons des sols sont inférieures à la norme en vigueur (300 ppm). AFNORE.

En effet l'examen de la (Figure 12) montre l'existence d'une variation progressive des teneurs totale d'une station à l'autre. En générale, c'est la station (04) qui renferme la teneur totale en zinc est la plus élevée 47,22 ppm, tant dis que la station (01) renferme la teneur totale la plus faible 23,47 ppm. Cette variation paraît significative, puisque l'analyse de la variance révèle un effet station significatif ($F=12,47 ; p < 0,05$) (annexe 03).

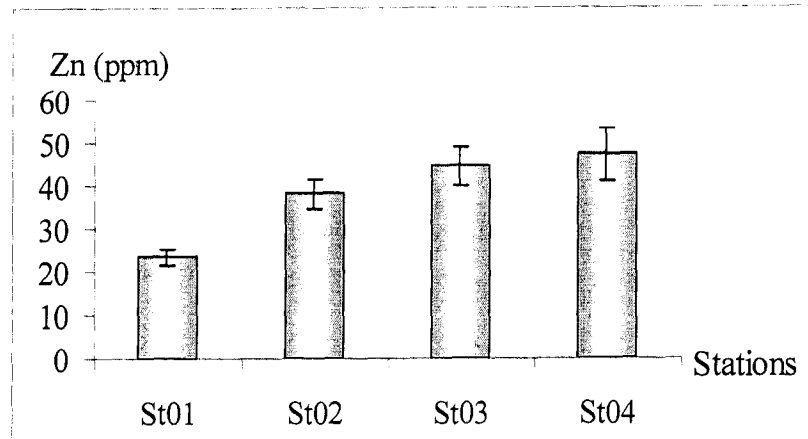


Figure 12 : Variations des teneurs moyennes en zinc dans les différentes stations.

3-8- Discussion des teneurs métalliques en cadmium et en zinc dans le sol

Globalement, les teneurs métallique des sols en Zinc varient dans un sens croissant de la station (01) à la station (04). Cette variation peut s'expliques sur plusieurs niveaux :

1-La topographie de la zone d'étude qui prendra la forme d'une petite colline de faible pente, où les trois premières stations (ST₁, ST₂ et ST₃) sont localisées en amont, tandis que la quatrième station (04), est localisée en aval, de ce fait, elle reçoit les eaux lessivées et drainées des trois premières stations avec leur change métallique en Zinc.

2-Les résultats des paramètres physico-chimiques des sols de la station (04), on montré une augmentation du pH, CEC et le taux d'argile, alors que d'un point de vue pédologique, ces derniers gouvernent la mobilité du métal dans le sol. En effet, des corrélations significatives et positives entre le zinc et le pH ($r=0,75$; $p<0,05$), la CEC ($r=0,88$; $p<0,01$) et la fraction argileuse ($r=0,71$; $p<0,05$) aident à expliquer cette situation (tableau I□). Par la suite la mobilité du métal sera diminuée, et il sera adsorbé au complexe adsorbant du sol.

Tableau IV. Matrice de corrélation du zinc et du cadmium avec les paramètres du sol.

	pH	MO	CaCO ₃	CEC	Argile	Limon	Sable	Cd	Zn
pH	1.00	ns	0.71	0.80	ns	ns	ns	ns	0.75
MO		1.00	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CaCO ₃			1.00	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CEC				1.00	ns	ns	ns	ns	0.88
Argile					1.00	ns	-0.92	0.75	0.71
Limon						1.00	ns	ns	ns
Sable							1.00	-0.87	ns
Cd								1.00	ns
Zn									1.00

ns= corrélations non significatives au seuil ($\alpha = 0.05\%$).

De plus, concernant la station (04), il est nécessaire de mentionner que deux jours avant les prélèvements des échantillons du sol, la parcelle a subi un amendement à base des carbonates. Selon **Gavaldo (2001)**, dans ce genre d'engrais, le zinc sera présent en quantités non négligeable, ainsi que dans les engrais phosphatés. Ce qui prouve que l'origine du zinc dans le sol et beaucoup plus liée à la nature des engrais utilisés.

Pour le cadmium, les résultats obtenus pour la totalité des stations sont inférieurs à la valeur limite recommandée pour le sol. Par contre, nous constatons que la teneur moyenne la plus élevée était détectée au niveau de la station (02). Cependant, il faut signaler que le jour même de prélèvement des échantillons, la parcelle a reçu un amendement d'engrais à base des superphosphates. Selon **He et al., (2005)**, les superphosphates et les phosphates calciques et magnésiques, selon leur origine sont fortement chargés en cadmium. D'après **Duchaufour (1997)**, en France, les engrais phosphatés représentent 60% des apports en cadmium. Ces résultats confirment que l'origine du métal est beaucoup plus les engrais chimiques utilisés comme fertilisants. Au niveau du sol, le cadmium est connu par sa plus grande mobilité vers les horizons profonds du sol, où il peut rejoindre les nappes phréatiques dans le cas des sols sableux (cas de notre étude). Par ailleurs, le cadmium dans les sols de la zone d'étude, semble être beaucoup plus adsorbé par la fraction argileuse, ce qui explique la corrélation positive et significative entre le cadmium et l'argile ($r=0,76$; $p<0,25$). En plus le cadmium semble être lié significativement mais négativement avec le sable ($r = - 0,86$; $p < 0.05$) (Tableau I ci-dessus).

Ce qui explique la faible teneur en métal dans le sol. Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Baize (1997)**, qui a montré que le cadmium dans le sol à texture sableuse, migre en profondeur.

Conclusion

Conclusion

Le travail entrepris, a été réalisé au niveau d'une région à vocation agricole connue comme un véritable potager de la wilaya de Jijel. En plus son importance réside dans le fait qu'elle présente une réserve naturelle (zone humide) classée comme site RAMSAR. Ce qui lui donne un intérêt écologique et économique particulier.

Ces dernières années, la région était soumise à une utilisation intensive d'engrais chimique et fertilisants, pour une meilleure production des produits agricoles. Pour évaluer le danger qui réside derrière ces pratiques agricoles, des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons du sol prélevés dans quatre stations localisés au niveau du périmètre d'étude.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que les sols étudiés sont caractérisés, par un pH légèrement basique, lié à la nature du sol et aux pratiques agricole (brique poreuse dans les puits). Les sols renferment des teneurs faibles en matière organique, due à l'utilisation de plastique noir pour couvrir le sol, pour éviter la perte d'eau, et conserver l'humidité. Cette technique empêche la formation de litière dans les horizons superficiels du sol. Les sols sont caractérisés par la dominance de la fraction sableuse vu qu'elles sont situées dans un cordon dunaire. La CEC est moyennement faible, et cela peut s'explique par la faible teneur en matière organique et en argile constituant le complexe adsorbant du sol.

Les analyses métalliques du cadmium et du zinc dans les différentes stations, présentent une certaine variabilité stationnelle pour le zinc. L'analyse des corrélations a montré peu de liaison, entre les propriétés physico-chimique du sol et les teneurs métallique.

En moyenne, les teneurs métalliques sont de l'ordre de 38,41 ppm pour le zinc et 0,472 ppm pour le cadmium. Cependant, ces teneurs restent inférieures à la valeur limite établies par **AFNOR (1998)**. Dans les sols de la région, il ressort que le zinc est plus abondant que le cadmium ceci peut être attribué d'une part à la grande mobilité du cadmium dans le sol, et d'autre part à la faible teneur en matière organique et la texture grossière (sable) des sols.

Selon les données obtenues, nous pouvons avancer que l'origine de ces deux éléments traces métalliques dans les sols de la région, a pour origine à l'utilisation intensive et à grande échelle des engrais chimiques phosphatés et carbonates.

Références Bibliographiques

Références

- 1-**Abdul Rida A.M.M. (1992)**. Biosurveillance de la contamination du sol; apport des l'étude des lombriciens à l'évaluation des risques liés aux éléments traces. Document pédozoologique, Lab de zooécologie du sol, INRA, Montpellier, 234p.
- 2-**AFNOR. (1998)**. Qualité du sol - Détermination des effets des polluants sur la flore du sol - Partie 2 : effets des substances chimiques sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs. 18 p
- 3-**AFNOR. (1994)**. Qualité des sols – Recueil des normes françaises, 3ème Ed. AFNOR: Paris, 534p.
- 4- **Albain,F. (2003)**. Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces métallique issue de boues de station d'épuration dans un sol agricole, Thèse de doctorat, Université de Rennes,vol 1, 148p.
- 5-**Alian, V. Alian, B. (2007)**.Toxicologie, édition TEC et DOC, édition médical international, Paris, 598p.
- 6-**Amir, S. (2005)**. Contribution à la valoration de boues de station d'épuration par compostage : Devenir des polluants métalliques et organiques et bilan chimique du composte, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 312p.
- 6- **ANONYME. (1996)**. Rapport de la stratégie relative à la zone humide méditerranéenne, Venis, 53p.
- 7-**Baize, D. MTercé Coord. 2002**. Les éléments traces métalliques dans le sol, Edition INRA, p 17.
- 8-**Baize, D. (2000)**. Teneurs en métaux lourds dans les sols français, Résultats généraux du programme ASPITET, Courrier de l'environnement de l'INRA, vol 22, pp 39-54.
- 9-**Baize, D. (1997)**. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Inra édition, 408p.
- 10-**Baize, D. Jabiol B. (1995)**. Guide pour la description des sols, Ed. INRA. Paris, 375p.
- 11-**Baize, D. (1988)**. Guide des analyses courantes en pédologie, Choix –expression -présentation-Interprétation, Ed. INRA, Paris, 172p.
- 12-**Behaz M. (2005)**. Evaluation des teneurs en cadmium des sols et deus espèces d'arbres des bordures de l'oued Rhumel; Peuplier blanc et tamaris. Mém. Ing. Ecologie. Univ. Mentouri. Constantine, 69p.
- 13-**Bourrelier, P. et Bertelin, J. (1998)**. Contamination des sols par les éléments en traces: les risques et leur gestion, Ed. Tec & Doc. 440p
- 14-**Bur, T.2008**. Impacts des éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implications en termes de limites et de charges critiques, Toulouse, p07

- 15-Calvet Raoul. 2003.** le sol (propriétés et fonctions), éditions France agricole, p28.
- 16-Chaney, R.L. 1993.** Plant uptake of inorganic waste constituents, In Ed, land treatment of hazardous waste, pp 50-60.
- 17-Chassin, P. Baize, D. Cambier, P. Sterekman, T. (1996).** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols, Impact à moyenne et à long terme. Forum ' le sol, un patrimoine menacé, Paris.
- 18-Coullery, P. 1997.** Comportements des métaux lourds en agro systèmes tempérés à faibles taux de pollution métallique, Thèse Doc. Es. Sci. Techn, EPE Lausanne, Suisse, p139.
- 19-Davies, J. & Leckie, J. (1978).** Surface ionization and complexation at the oxide/water interface: II. Surface properties of amorphous iron oxyhydroxide and adsorption of metal ions. J. Colloid Interface Sci., vol 67,pp 90-107.
- 20- Duchauffour, P. (1997).** Abrégé de pédologie: sol-végétation-environnement, Ed Masson, 287p.
- 21- Duthil, J. (1970).** Eléments d'écologie et agronomie, Tome I, Ed. Ballière et fils, pp301-306.
- 22-Eliot, H.A. Liberaty, M.R. Huang, C.D. (1986).** Compétition adsorption of heavy métales by soils. J. Environ, Qual, vol 15, pp241-219.
- 23-Gavalda, D. (2001).** Devenir des éléments traces métalliques dans les boubènes (luviredoxysol) après épandage de boues granulées, Thèse de doctorat INPT, 258p.
- 24-Gobat, J., Aragno, M. & Matthey, W. (1998).** Le sol vivant, bases de pédologie, biologie des sols.
- 25-He QB ; Singh BR ; Hodgson J.F. (2005).** Crop uptake of cadmium from phosphore feztilizers I. Yeld and cadmium content. *Water Air and Soil Pollution*, 74, 251 -265.
- 26-Kadem D. E. D. (2005).** Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. (El Hadjar – Annaba – Est Algérien), Influence de la végétation sur la dynamique de ses métaux, Thèse de Doctorat en Ecologie, Univ Mentouri Constantine, pp09-127.
- 27- Lemièrre, B. J. J. Seguin, C. Le Guern, D. Guyonnet, Ph. Barange. (2001).** Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes, édition BRGM, France, P35.

- 28-LENNTECH. (2007a).** Cadmium. Propriétés chimiques- effets du cadmium sur la santé-effets du cadmium sur l'environnement[en ligne]. Disponible sur : <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Cd.htm>. consulter le 12/06/2011.
- 29-LENNTECH. (2007b).** Zinc. Propriétés chimiques- effets du zinc sur la santé-effets du zinc sur l'environnement [en ligne]. Disponible sur : <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Zn.htm>. consulter le 12/06/2011.
- 30-Lozet, J. & Mathieu, C. (1997).** Dictionnaire de Science du Sol, Lavoisier, 269p.
- 31-OFEFP. (2003).** Rapport d'office fédérale de l'environnement des forêts et de paysage DERN, 18p.
- 32-OMS. (1997).** Health and environment in sustainable development, Geneva.
- 33- Perrono P. (1999).** Les micropolluants métalliques et les sols amendés par des boues résiduaires urbaines. <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/duce/perrono/perrono.htm>.
- 34-Robert, M. (1996).** Le sol interface dans l'environnement. Une ressource pour le développement, Masson, Paris, 244p.
- 35-Rousseaux, P. (1988).** Heavy metals in household refuse. Origins. Chemical forms. Contents. ANRED, Angers, France ; 123p.
- 36-Singh, R. Tripathi, R. Sinha, S. Maheshwari, R. & Srivastava, H. (1997):** Response of higher plants to lead contaminated environment, Chemosphere, vol34, pp 2467-2493.
- 37-Sposito, G. (1989).** The Chemistry of Soils. New York. 277p.
- 38-Strumm, W. & Morgan, J.J. (1981).** Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters, 2nd Edition., John Willey and Sons, Inc., New York, 583p.
- 39-Swift, R. & McLaren, R. (1991).** Micronutrient adsorption by soils and soil colloids. In Bolt, G.H.; Boodt, M.F.; Hayes, M.H.B.; McBride, M.B. (Ed.) Interactions at the soil colloid-soil solution interface. Dordrecht : Kluwer Academic Publications, pp 257-292.
- 40-Wild, A. (1993).** Soils and environnement : an introduction cambredg, University press, 281p.
- 41-Ziza, FZ. (1994).** Evaluation de la mobilité des métaux lourds dans les sols contaminés soumis à différentes évolutions physico-chimiques. Mémoire diplôme d'étude approfondie en écologie générales et production végétale, université Paris VI, grignon, pp7-8.

Annexes

Annexe I

Résultats brutes des paramètres physico-chimiques dans les quatre stations étudiées

Stations	pH	MO	CaCO ₃	CEC	A	L	S
St 01	6,920	0,000	1,270	2,000	02	06	92
St 01	6,950	0,000	1,150	4,000	03	07	90
St 02	6,730	0,000	1,660	3,500	09	07	84
St 02	6,930	0,000	1,020	7,500	03	05	92
St 03	8,230	,060	1,530	7,000	07	04	89
St 03	8,150	,070	1,660	8,500	07	05	88
St 04	8,150	,010	1,150	9,500	09	07	84
St 04	8,110	,010	1,270	8,500	06	05	89

AnnexeII

Teneurs brutes dans le sol du Cd et du Zn

Stations	Zn (ppm)	Cd (ppm)
St 01	22,08	0,18
St 01	24,86	0,3
St 02	35,91	1,08
St 02	40,83	0,36
St 03	47,85	0,3
St 03	41,32	0,36
St 04	51,42	0,72
St 04	43,03	0,48

Annexe III

Test ANOVA pour le pH

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Synthèse de tous les Effets; plan: (pfe(sol)2011.sta)]

Fichier Edition Affichage Analyse Graphiques Options Fenêtre Aide

Suite... 1-STATIONS

Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	niveau p
1	3	1,092879	4	,006113	178,7941	,000102

Test ANOVA pour le CaCO₃

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Synthèse de tous les Effets; plan: (pfe(sol)2011.sta)]

Fichier Edition Affichage Analyse Graphiques Options Fenêtre Aide

Suite... 1-STATIONS

Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	niveau p
1	3	,001946	4	,000012	155,6667	,000135

Zinc (effet station)

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Synthèse de tous les Effets; plan: (pfe(sol) 2011.sta)]

Fichier Edition Affichage Analyse Graphiques Options Fenêtre Aide

Suite... 1-STATIONS

Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	niveau p
1	3	226,0267	4	18,12098	12,47321	,016913

Jury :

Présidente : KHALED KHOUDJA.S
Examineur : YOUBI.M
Encadreur : KRIKA.A

Présenté par :

SISSAOUI Nadya
MEHIDI Amel

Thème

Evaluation de la contamination des sols agricoles par les éléments traces métalliques (Cd, Zn) dans la région de Beni-Blaïde (Wilaya de Jijel)

Résumé

L'étude de sol de la région à vocation agricole de Beni-blaide a montré une importante variation des paramètres physico-chimique étudiés (pH, MO, CT, CEC). Les teneurs métalliques enregistrées sont en moyenne de 38,41 ppm pour le Zinc et 0,472 ppm pour le cadmium ces teneurs restent inférieures à la norme recommandée. L'étude a montré que l'origine de ces deux éléments et bien les engrais chimiques utilisés dans la région.

Mots clés: Beni-blaide, sol, Cadmium, Zinc, engrais chimique.

Summary

The study of soil in the agricultural region of Beni- Blaid showed significant variation in physico-chemical studies (pH, MO, CT, CEC). The metal levels recorded are an average of 38.41 ppm for zinc and 0.472 ppm for cadmium these levels remain below the recommended standard. The study showed that the origin of these two elements and many chemical fertilizers used in the region.

Keywords: Beni-Blaid, soil, cadmium, zinc, chemical fertilizer.

ملخص

ان دراسة التربة لمنطقة بني بلعيد الزراعية قد اظهرت تفاوت كبير في القياسات الفيزيائية و الكيميائية المدروسة (درجة الحموضة , المادة العضوية, الجبس الكلي, قدرة التبادل الكاتيوني) متوسط مستويات المعادن المسجلة هي 38.41 جزء في المليون بالنسبة للزنك و 0.472 جزء في المليون بالنسبة للكاديوم. هذه المستويات تبقى دون المستوى الموصى به. و قد اظهرت الدراسة ان مصدر هذين العنصرين هو الاسمدة الكيميائية المستخدمة في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية: بني بلعيد, التربة, الكاديوم, الزنك, الاسمدة الكيميائية.