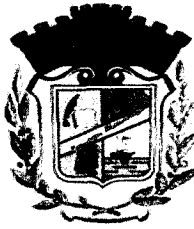


UNIVERSITE DE JIJEL

Faculté des Sciences Exactes et de Sciences
de la Nature et de la vie.
Département de Biologie Animale et Végétale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة و الحياة
قسم البيولوجيا النباتية والحيوانية

جامعة محمد الصديق بن بيجين
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1775

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme :Master
Option :Toxicologie de l'environnement

Thème

L'évaluation des teneurs métalliques (Cd et Zn) chez une plante comestible -la fraise- (Fragaria camerosa) dans la région de Béni-belaid (Wilaya de Jijel).

Jury :

Président :Mr.MAYACHE .B
Encadreur :Mr.kRIKA .A
Examinatrice :Mme.BENFRIDJA .L

Présenté par

Attoum fouzia
Boudjit zina



Session : Juin 2011

Remerciements

On est très reconnaissant envers la personne qui a accepté de faire partie de notre encadrement lors de notre mémoire, Monsieur Krika Abderrazek, enseignant à l'université de Jijel, qui nous a guidé dans nos premiers pas de recherche. Ses compétences scientifiques, son dévouement total pour la recherche, ses qualités humaines, ses précieux conseils ont été pour nous une source de réconfort et d'encouragement dans la réalisation de ce travail.

Tu nous as fait confiance et tu nous as permis d'avancer par tes conseils et ton aide afin de pouvoir clôturer ce travail. on te remercie d'avoir apporté tes connaissances et d'avoir passé de nombreux moments à la correction de ce manuscrit. Merci également à monsieur le professeur Leghouchi Said pour nous avoir accueilli au sein du laboratoire d'écotoxicologie de l'Université de Jijel. On remercie tout aussi sincèrement monsieur Mayache Boualem qui nous a fait l'honneur de présider nos jurys de mémoire. On le prie d'accepter l'expression de notre respect et de notre profonde considération.

On exprime également nos vifs remerciements à Mme Benfridja Lila qui a bien voulu s'intéresser à ce travail en acceptant d'en être l'examinatrice.

On exprime également nos vifs remerciements au membre du laboratoire : Massika, Madjda, Soumia, Asma, Fouzia, Saad Eddine.

On adresse également nos sincères remerciements à Monsieur Beghoul Ziad de nous avoir ouvert les portes de son laboratoire pour réaliser les dosages des métaux,

on n'oublierai pas de saluer toutes les agriculteurs de la région humide de Béni-Belaid, aussi la pharmacienne de l'établissement public hospitalier qui nous a permis d'obtenir tout les types des flacons facilement et sans aucun problème.

SOMMAIRE

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre 1. Synthèse bibliographique

1 - Les métaux lourds.....	3
1-1 – Définition.....	3
1-2-Les métaux lourds : oligoéléments ou éléments toxiques.....	3
1-3-Toxicité et tolérance des plantes aux métaux lourds.....	3
1-3-1-Toxicité.....	3
1-3-2-Tolérance.....	4
1-4-Mécanismes de prélèvement et d'accumulation des métaux dans la plante.....	5
1-4-1-Absorption par les racines.....	5
1-4-2-Transfert radial vers le xylème.....	6
1-4-3-Transport dans les organes aériens.....	6
1-5-Caractéristiques des métaux lourds étudiés.....	7
1-5-1-Le zinc.....	7
1-5-1-1-Description du métal.....	7
1-5-1-2-Propriétés physico-chimiques.....	7
1-5-1-3-Translocation du zinc.....	8
1-5-1-4- Biodisponibilité du zinc.....	8
1-5-2-Le cadmium.....	9
1-5-2-1-Description du métal.....	9
1-5-2-2-Propriétés physico-chimiques.....	9
1-5-2-3-Translocation du cadmium.....	9
1-5-2-4-Biodisponibilité du cadmium.....	10

Chapitre 2. Matériels et méthodes

2- présentation de la zone d'étude.....	11
2-1 Situation géographique et administrative.....	11
2-2-Réseau hydrographique.....	12
2-3-Géologie-Pédologie.....	12
2-3-1-La géologie.....	12
2-3-2-La pédologie.....	12
2-4-Etude du climat.....	13
2-5- L'agriculture (l'agro-système).....	13
2-5-1-Les cultures sous serre.....	13
2-5-2-Les cultures de plein champ.....	14
2-6- Plan d'échantillonnage.....	14
2-7-La végétation.....	15
2-7-1-Travail de laboratoire.....	15
2-7-2-Extraction des métaux lourds dans la végétation (mode opératoire).....	16
2-7-2-1-Digestion sulfo-nitrique- eau oxygénée (selon Hoening <i>et al.</i> , 1979).....	16
2-7-3-Justification du choix des normes.....	16
2-7-4-Justification du choix de la plante.....	16
2-8-Analyse statistique.....	17

Chapitre 3. Résultats et discussion

3-Les éléments traces métalliques dans la végétation.....	18
3-1- Le cadmium (Cd).....	18
3-2- Le zinc (Zn).....	19
3-3- Discussion des résultats.....	20
Conclusion	24
Références bibliographiques	25

Annexes

Liste des figures

Figure 01. Coupe de la racine végétale.....	5
Figure 02. Trajet des éléments métalliques de la surface des racines.....	6
Jusqu'au xylème.	
Figure 03. Le zinc à l'état naturel.....	7
Figure 04. Le cadmium à l'état naturel.....	9
Figure 05. Cadre géographique de la réserve naturelle de Béni-belaïd.....	11
Figure 06. Localisation des stations d'échantillonnage.....	14
Figure 07. Photo de l'espèce (<i>Fragaria camarosa</i>) utilisée comme matériel biologique.....	17
Figure 08. Teneurs moyennes en cadmium dans les racines, feuilles.....	19
Et fruits de la plante.	
Figure 09. Teneurs moyennes en zinc dans les racines, feuilles et fruits de la plante.....	20
Figure 10. Comparaison des teneurs en zinc et en cadmium dans les.....	21
Trois organes de la plante.	
Figure 11. Corrélation des teneurs en cadmium et en zinc dans les racines.....	22

Liste des tableaux

Tableau 01. Teneurs en cadmium et en zinc dans la plante (les trois parties confondues)....	18
Tableau 02. Teneurs moyennes en cadmium dans les trois organes de la plante.....	18
Tableau 03. Teneurs moyennes en zinc dans les trois organes de la plante.....	20

Introduction

Introduction

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, la pollution des sols par des métaux lourds a augmenté suite à l'accroissement de la population, l'urbanisation, l'expansion des activités industrielles et agricoles. Les sols sont des ressources limitées et considérées comme non renouvelables à l'échelle humaine. La végétation qu'il abrite ne sera pas isolée, elle fait partie de cet écosystème.

L'accumulation dans les végétaux des métaux lourds, qui sont par nature non dégradables et potentiellement toxiques, augmente le risque d'exposition des êtres vivants : microorganismes, animaux, et l'homme, qui se situe en fin de chaîne alimentaire.

Il est donc primordial non seulement de mieux connaître les teneurs maximales de ces métaux toxiques, mais aussi de déterminer l'organe ou la partie de la plante la mieux ciblée par ces métaux et donc la plus accumulatrice.

Les sols faisant l'objet de cette étude sont situés en plein centre de la zone humide de Béni-belaïd dans la commune de Kheiri Oued Adjoul. Le périmètre d'étude.

Certaines pratiques agricoles sont à l'origine de l'introduction d'éléments traces métalliques dans le sol. 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 un enrichissement en éléments traces métalliques de ces sols (**Bourrelier et Berthelin, 1998**).

Les apports agricoles directs d'éléments trace métalliques concernent tous les produits utilisés en agriculture pour maintenir ou améliorer le potentiel de fertilité. Que se soit les engrais, les effluents d'élevage ou les déchets valorisables, aucun intrant agricole n'est exempt d'éléments trace métalliques (**Colinet, 2003 ; Sukreeyapongse et al., 2002**).

Une large gamme d'engrais renferme des quantités importantes en éléments traces métalliques. Les engrais phosphatés tels que tri-superphosphates et les phosphates calciques et magnésiques selon leur origine ont pu concentrer des teneurs en cadmium (**He et al., 2005 ; Ramade, 2000**), en chrome, en cuivre et en nickel (**Robert, 1996**).

Deux métaux lourds, choisis pour leur nature potentiellement contaminante, ont été dosés dans la fraise (*Fragaria cammarosa*). Il s'agit du cadmium (Cd) et du zinc (Zn), classés par la communauté européenne (CE) dans la liste des éléments les plus toxiques.

Les impacts des métaux tels que le zinc relèvent d'abord du risque de phytotoxicité, pour les végétaux supérieurs, mais également pour les algues, les mousses et les lichens.

Pour les éléments tels que cadmium, en sus du risque de phytotoxicité, il existe le fait que des produits végétaux sont consommés directement ou après transformation, par l'Homme et/ou par l'animal. Dans ce cas les produits végétaux sont un vecteur de substances potentiellement polluantes.

Une autre raison qui a motivé le choix de cette étude et que dans la réserve naturelle de Bénibelaïd, seuls les études faunistiques et floristiques, ont été jusqu'ici considérées. En revanche, le comportement des métaux lourds dans les sols, et leur transfert vers les plantes soumis uniquement à la pollution agricole, ont été très peu étudiés.

chapitre I

Synthèse Bibliographique

1 - Les métaux lourds

1-1 - Définition

Le terme de métaux lourds est arbitraire et imprécis. Il est utilisé pour des raisons de simplicité et il recouvre des éléments ayant des propriétés métalliques (ductilité, conductivité, densité, stabilité des cations, spécificité de ligand...) et un numéro atomique > 20 (Raskin et al, 1994). Ce terme de métaux lourds désigne selon Elmsley (2001) des éléments chimiques toxiques dont la densité excède 5g/cm^3 . Sous cette appellation figurent des éléments qui, pour certains, sont effectivement des métaux tels que Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Al... mais aussi des métalloïdes tels que As et Se. C'est pourquoi, une classification plus complexe, basée sur les propriétés de formation de ligands a été proposée par Nieboer et Richardson (1980), avec la dénomination d'Eléments-Traces Métalliques, préférée par certains chercheurs. Aucune définition satisfaisante n'a en définitive émergée (Mallick et Rai, 2002).

Selon les textes législatifs, la pollution par les métaux toxiques (METOX) regroupe sept métaux et un métalloïde (chrome, zinc, cuivre, nickel, plomb, arsenic, cadmium et mercure) (Koller, 2004).

1-2-Les métaux lourds : oligoéléments ou éléments toxiques

Si certains éléments métalliques ou oligo-éléments (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni), présents à l'état de traces, sont essentiels pour l'organisme, l'accroissement de leur concentration peut représenter un danger pour les êtres vivants. Les autres éléments sont neutres ou toxiques (Marschner, 1995). A cette catégorie appartiennent différents éléments, dont la présence est fortement aggravée par les activités humaines dans l'environnement, tels le plomb, le mercure, le cadmium... (Adriano, 2001 ; Alkorta et al., 2004). A l'exception du mercure (27,5 %), pour les autres éléments, l'émission anthropogénique dépasse l'émission naturelle. Le facteur d'interférence atmosphérique (FIA) qui définit le rapport de ces deux émissions est par exemple de 34 583 % pour le Pb et de 1 897 % pour Cd (Koller, 2004).

1-3-Toxicité et tolérance des plantes aux métaux lourds

1-3-1-Toxicité

Les symptômes de toxicité associés aux métaux lourds sont peu différents de ceux produits par différents types de stress.

Ils peuvent être classés en deux catégories: les symptômes visibles et les symptômes uniquement mesurables ; leur importance étant fonction de la mobilité du métal à l'interface sol-plante et à l'intérieur de la plante, mobilité qui détermine la concentration endogène du métal.

L'effet le plus habituel et le moins spécifique des métaux lourds consiste en une réduction de la croissance des différentes parties de la plante. Selon l'importance du stress, les feuilles peuvent présenter une chlorose due à la fois à une perte de chlorophylle, à une relative augmentation des caroténoïdes et à une déficience en fer (Romanowska, 2002). Dans les cas les plus sévères, une apparition de tâches nécrotiques est observée (Fodor, 2002).

Les métaux induisent également un abaissement de la photosynthèse qui résulte soit d'un effet direct sur le transport des électrons et les enzymes du cycle de Calvin (en particulier de la Rubisco) soit d'un effet indirect, en raison d'une diminution de la teneur en chlorophylle (Stobart *et al*, 1985).

1-3-2-Tolérance

Un nombre restreint de plantes se révèlent capables de se développer sur des sols fortement contaminés par les métaux lourds. C'est en 1885 que le botaniste allemand **Baumann** observa que certaines espèces accumulaient ainsi dans leurs feuilles des quantités extraordinairement élevées de zinc. Ces espèces rencontrées sur des sols naturellement riches en éléments métalliques ont été utilisées comme indicateurs lors de prospections minières. A ce jour, 397 espèces accumulatrices de métaux divers ont ainsi été répertoriées (Salt *et al*, 1998).

Ces plantes utilisent alors des mécanismes spécifiques de tolérance pour détoxifier les métaux ou pour les rendre non disponibles pour leurs actions toxiques. Deux stratégies sont ainsi observées : l'exclusion qui consiste à éviter l'absorption des métaux, présents à concentrations élevées dans le sol et, l'accumulation voire l'hyperaccumulation, qui se traduit au contraire par une absorption importante des métaux, qui se réalise également avec de faibles concentrations en métal dans le sol (Aoun, 2009).

La tolérance aux métaux peut être assurée par plusieurs mécanismes différents, à savoir par une chélation ou précipitation avec des ligands à haute affinité, localisés sur la paroi cellulaire ou à l'intérieur du cytoplasme (formation de complexes avec des peptides, des acides organiques ou des ions inorganiques), par séquestration du métal dans la vacuole des cellules foliaires ou des trichomes, ou par exclusion ou excrétion active du métal (Lindberg et Greger, 2002).

1-4-Mécanismes de prélèvement et d'accumulation des métaux dans la plante

Les mécanismes de prélèvement et d'accumulation des éléments métalliques dans les plantes peuvent intervenir à différents niveaux depuis l'absorption par les racines jusqu'à l'accumulation dans les feuilles

1-4-1-Absorption par les racines

Les plantes prélèvent des espèces solvatées. Il est nécessaire que l'élément passe en solution pour être absorbé par la racine. Actuellement, on estime que pour la majorité des métaux et métalloïdes, le prélèvement se fait sous des formes ioniques : cationiques (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) (Lasat *et al.*, 1998).

Les éléments métalliques sont-ils absorbés tout le long de la racine ou préférentiellement par certaines zones? Les poils racinaires, formés par les cellules épidermiques, ont été longtemps considérés comme les principaux sites de l'absorption racinaire, du fait qu'ils augmentent considérablement la surface d'échange avec le milieu.

La racine végétale est organisée en deux ensembles concentriques : le cortex à l'extérieur et la stèle à l'intérieur. La stèle est séparée du cortex par une barrière apoplasmique (bande Caspari) située sur la couche cellulaire la plus interne de celui-ci, l'endoderme. Les nutriments passent du cortex à la stèle à travers les plasmodesmes, particulièrement nombreux dans l'endoderme (Figure 01).

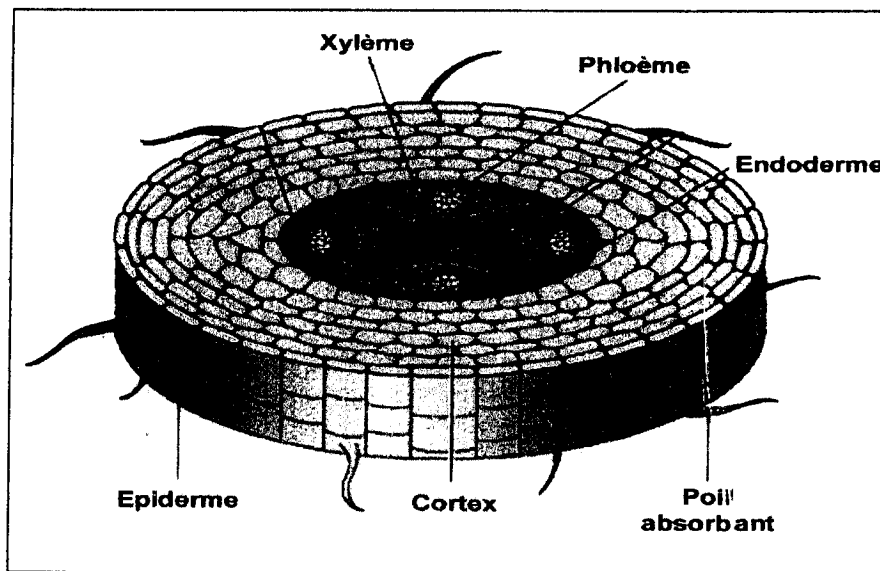


Figure 01. Coupe de la racine végétale.

1-4-2-Transfert radial vers le xylème

Le transfert radial des ions métalliques de la surface des racines jusqu'aux vaisseaux du xylème peut suivre deux voies : la *voie apoplasmique* en passant dans les espaces intercellulaires (en bleu), ou la *voie symplasmique* (en rouge) en traversant la membrane plasmique d'une cellule, généralement de la couche la plus externe du cortex, puis en passant de cellule à cellule par les plasmodesmes (les pores de la paroi cellulaire) (Kirpichtchikova, 2006).

Dans l'endoderme, les parois cellulaires, imprégnées par des substances hydrophobes, forment la bande de Caspary, barrière apoplasmique qui s'oppose aux mouvements des ions métalliques dans le sens radial : ceux-ci quittent la voie apoplasmique et sont absorbés par les cellules de l'endoderme pour pénétrer dans la stèle, où se trouvent les vaisseaux du xylème (Figure 02).

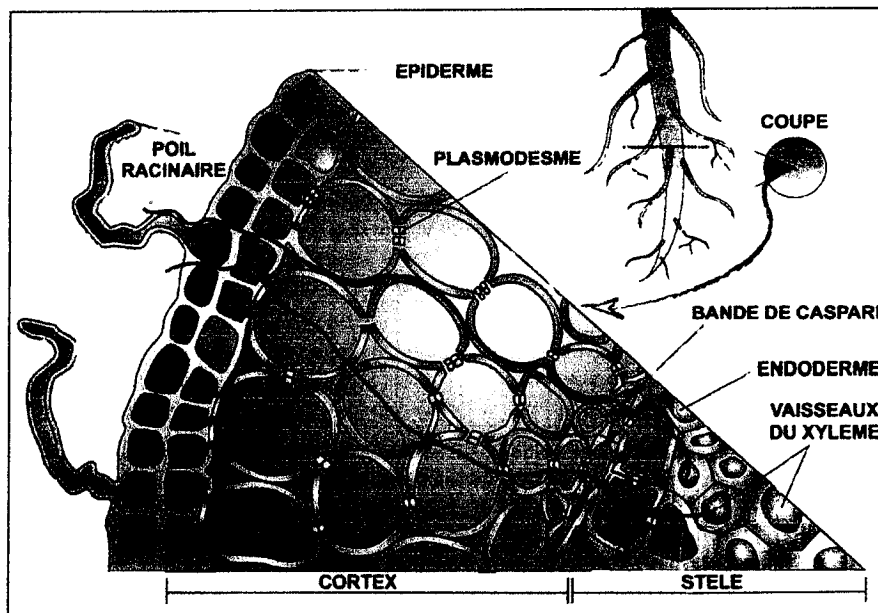


Figure 02. Trajet des éléments métalliques de la surface des racines jusqu'au xylème.

En fonction des mécanismes mis en jeu, les éléments métalliques sont soit immobilisés (séquestrés) dans les tissus racinaires, notamment dans les plantes présentant une stratégie d'exclusion, soit transférés vers les organes aériens, dans les plantes accumulatrices.

1-4-3-Transport dans les organes aériens

L'absorption des éléments nutritifs par les racines est régulée grâce à la circulation de signaux internes entre les organes de la plante. En effet, les nutriments absorbés par les racines sont transportés vers les organes aériens dans le xylème par la sève brute (ou sève vasculaire). Parallèlement, les feuilles émettent, par le biais du métabolisme foliaire, des «signaux

régulateurs» qui sont envoyés vers les racines dans le **phloème** par la sève élaborée (ou sève libérienne), qui fournit l'information de demande nutritionnelle aux systèmes de transport racinaire (Kirpichtchikova, 2006).

Salt et al. (1999) ont montré, dans le cas de *Thlaspi caerulescens*, que le Zn (étant dans les racines sous forme du complexe Zn-histidine) est transporté vers les parties aériennes essentiellement sous forme cationique libre Zn^{2+} avec une faible proportion liée aux acides organiques (principalement au citrate). Zn est finalement stocké dans les vacuoles des cellules foliaires sous forme de complexe avec le citrate.

1-5- Caractéristiques des métaux lourds étudiés

1-5-1- Le zinc



Figure 03. Le zinc à l'état naturel

1-5-1-1- 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).

1-5-1-2- Propriétés physico-chimiques (Lenntech, 2007b).

Nom, symbole, numéro : Zinc, Zn, 30.

Masse volumique: $7,11\text{g/cm}^3$ à 20°C .

Masse atomique : $65,35\text{g/mol}$.

Etat d'oxydation : +2.

Température de fusion : 420°C .

Température d'ébullition : 2945K .

1-5-1-3-Translocation du zinc

Le zinc est plus mobile au sein de la plante que le cuivre, cependant, les racines contiennent de plus grandes quantités que les parties aériennes, en particulier lorsque les apports sont importants. Dans le cas d'une consommation de luxe, le zinc peut être déplacé des racines vers les parties aériennes ou ils se concentrent dans les chloroplastes, les vacuoles et les membranes cellulaires. Lors de la translocation, le zinc est chélaté à des acides organiques (**Tremel-Schaub et Feix, 2005**).

L'interaction entre le zinc et le phosphore sur la translocation du zinc a été rapportée par différents auteurs. Ainsi, des déficiences en zinc peuvent être induites avec des faibles doses de phosphore du fait d'une inhibition de la translocation du zinc plus qu'une réduction de l'absorption et de la teneur dans les racines (**Loué, 1993**).

1-5-1-4- Biodisponibilité du zinc

Le zinc est connu depuis longtemps comme un élément nécessaire aux plantes et aux animaux. Sa teneur dans les plantes reflète souvent la quantité disponible dans le sol. Les formes solubles de Zn sont facilement assimilables par les plantes. La vitesse d'absorption dépend largement du genre, de l'espèce et de la variété (450g de Zn/ha/an pour une culture de maïs, 670g Zn/ha/an pour une hêtraie de 130ans) et même des conditions édaphiques.

Toutefois, en matière d'absorption du Zn une question reste controversée : l'absorption du Zn est-elle un phénomène actif ou passif ? des présomptions sérieuses existent pour penser que l'absorption racinaire est contrôlée par le métabolisme (active) bien que l'absorption passive puisse également exister.

Le Zn s'accumule dans la partie racinaire plus que dans la partie aérienne, surtout dans les sols riches en Zn. Dans les racines 90% de Zn total se présentent adsorbés sur la surface des parois cellulaires du cortex (**Mengel et Kirkbay, 1978 ; in Abdul-Rida, 1992**).

L'absorption de Zn peut être influencée par l'interférence entre Zn et les autres métaux lourds, surtout avec Cd aux effets antagonistes (**Lagerwerff et Biersdorff, 1972 ; in Abdul-Rida, 1992**). Des effets dépressifs ont été remarqués entre Zn d'une part et Cu, Fe, Cr et Mn d'autre part (**Pergaud, 1971 ; in Abdul-Rida, 1992**).

1-5-2-Le cadmium



Figure 04. Le cadmium à l'état naturel.

1-5-2-1-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).

1-5-2-2-Propriétés physico-chimiques (Lenntech, 2007a).

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

Masse volumique: $8,65\text{g/cm}^3$ à 20°C .

Masse atomique : $112,41\text{g/mol}$.

Etat d'oxydation : +2.

Température de fusion : $594,22\text{K}$.

Température d'ébullition : 1014K .

1-5-2-3-Translocation du cadmium

Dans les plantes normales, la teneur en Cd des feuilles est comprise entre $0,1\text{-}3\ \mu\text{g/g M.S.}$, chez les plantes qui l'excluent, elle est de $0,03\ \mu\text{g/g M.S.}$ et chez les plantes accumulatrices, de $20\ \mu\text{g/g MS}$. (Reeves et Baker, 2000).

La plus grande partie du cadmium accumulé reste dans les racines, seules de petites quantités sont transportées vers les parties aériennes. Ainsi, chez le blé, 78 % du cadmium sont retenus dans les racines (Zhang *et al.*, 2000). En général, la teneur en cadmium des plantes diminue dans l'ordre suivant : racines > tiges > feuilles > fruits > graines.

L'accumulation de cadmium dans les fruits reste controversée. Pour **Moral et al., (1994)**, bien que le cadmium soit facilement transporté vers les parties aériennes des plants de tomate, aucune détection de Cd n'était faite dans les fruits. A l'opposé, **Wenzel et al., (1996)** et **Hart et al., (1998)** émettent l'hypothèse d'une accumulation de cadmium dans les fruits, pouvant résulter d'une redistribution par le phloème.

1-5-2-4-Biodisponibilité du cadmium

En règle générale, l'absorption du Cd est contrôlée par le pH et le potentiel redox (**Bourg and Loch, 1995**). Dès que le pH du sol baisse, la mobilité, le transfert et l'accumulation du Cd qui en résultent sont favorisés, de même qu'ils le sont lorsque le sol est léger, riche en sable, pauvre en argile et matière organique. Lorsque le pH augmente la mobilité du Cd peut s'accroître au travers de la formation de complexes ou chélates mobiles. Sous ces conditions particulières, on démontre que l'absorption du Cd devient indépendante du pH (**Babich et Stotky, 1978**).

Toutes les espèces cadmiées de la solution du sol sont, à priori, absorbables par les plantes. On a pu démontrer que l'absorption du Cd est plus ou moins importante suivant le genre ou la variété considérée. L'absorption racinaire met ainsi en effet des processus d'absorption passive et conjointement d'absorption active (**Kabata-Pendias and Pendias, 1992**).

En règle générale, les plus hautes concentrations se trouvent dans les racines et les plus basses dans les organes de réserve (graines, fruits, tubercules) avec des séquences suivantes (**Diserens, 1996**) : [Cd] racines > [Cd] tiges > [Cd] feuilles > [Cd] graines.

chapitre II

Matériel et Méthodes

2-Présentation de la zone d'étude

2-1-Situation géographique et administrative

La zone humide de Béni-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 05).

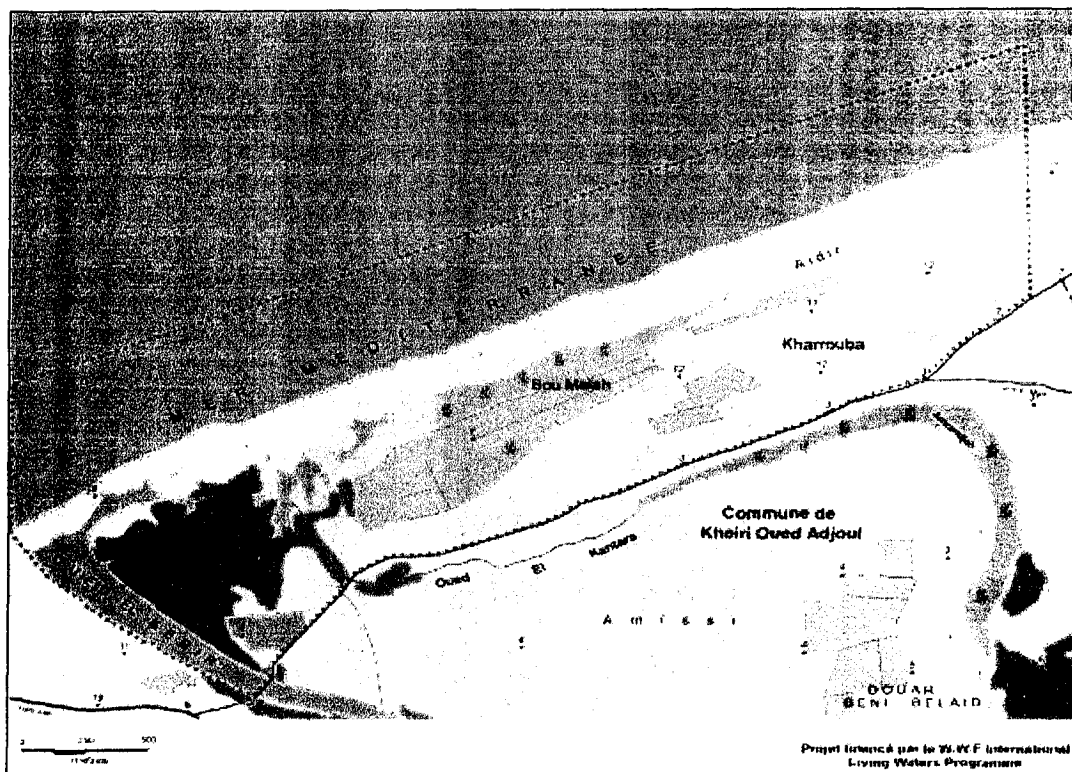


Figure 05. Cadre géographique de la réserve naturelle de Béni-belaïd (OFEFP, 2003).

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-belaid 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 de l'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 une nombreuse série hétérogène empilée au cours de phases tectoniques successives.

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 en 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 alluviaux profonds, de texture variable, plus riche en éléments fertilisants (ANONYME, 1996).

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 (ANONYME, 1996).

La pédogenèse de Béni-belaid 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 le 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. Ce 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 est située à environ 250 m de la première. La troisième station est située à environ 300 m de la deuxième, tandis que la quatrième station est située en bas de la réserve vers la zone des lacs (Figure 06).

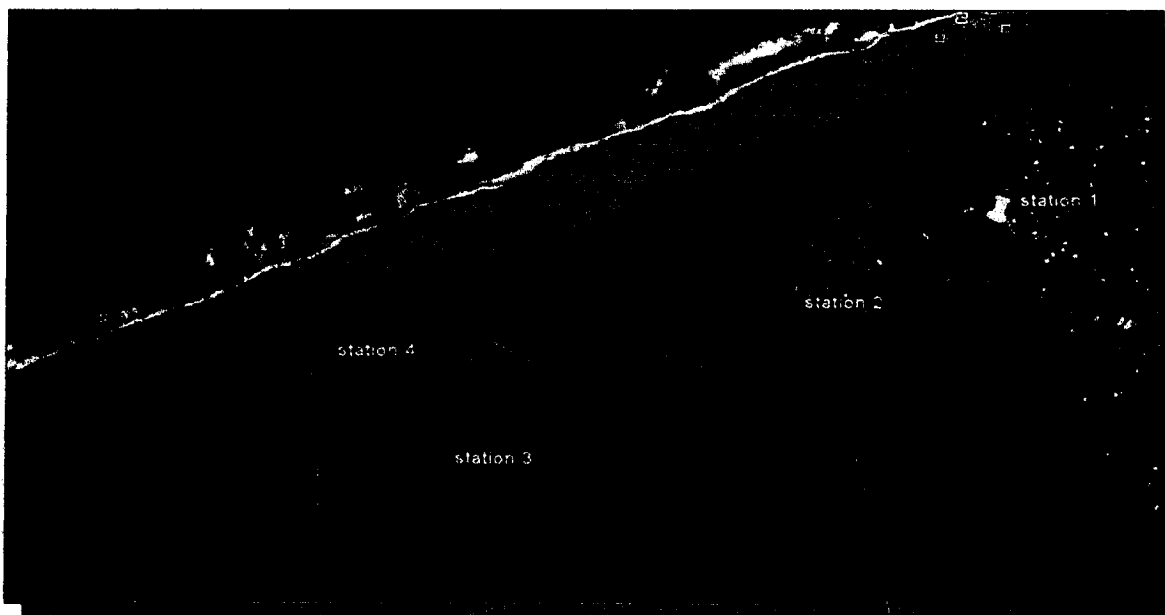


Figure 06. Localisation des stations d'échantillonnage (Google earth).

2-7-La végétation

L'analyse des végétaux a porté sur les trois parties : racines, feuille et fruits. En effet, le choix des parties aériennes a été opéré pour les raisons suivantes :

☞ selon **Iretskey et Chieu (1999)**, la plus grande quantité des métaux lourds s'accumule dans les fruits, alors qu'on les trouve en quantité moindre dans les semences : haricot, petit pois, melon, tomate, etc. n'en absorbent que très peu.

Pour ce qui est de la consommation humaine de nombreuses études (**Bonte et Cormis, 1979; Meyer, 1991; Coullery, 1997**) ont démontré la faible capacité des racines à accumuler les éléments traces. Ces derniers sont surtout localisés dans les feuilles, à un moindre degré dans les tiges.

Le danger éventuel peut-être transmis par le biais de ces parties anatomiques de la plante (les fruits).

☞ les travaux de **Das et al., (1989)** sur six arbustes et quatre herbes montrent que pour le Pb, le Zn et le fer, les contenus des racines sont supérieurs à ceux des tiges eux-mêmes à ceux des fleurs. Pour le Cd et le Ni les contenus des fruits sont supérieurs à ceux des feuilles qui sont supérieurs à ceux des racines.

Ainsi au niveau de chaque station, les échantillons (de fruits ; feuilles et racines) sont prélevés et ensachés. Au total :

$$4 \text{ (stations)} \times 2 \text{ (répétitions)} \times 3 \text{ (parties : fruits, feuilles et racines)}$$

= 24 échantillons

2-7-1-Travail de laboratoire

Au laboratoire, les échantillons ont subi les préparations préalables relatives à toute analyse: séchage, broyage, tamisage, conservation et analyses.

Le traitement des plantes s'est réalisé par séchage à 105°C ensuite broyées, tamisées et conservées dans des sachets hermétiquement fermés.

2-7-2-Extraction des métaux lourds dans la végétation (mode opératoire)

2-7-2-1-Digestion sulfo-nitrique- eau oxygénée (selon Hoening *et al.*, 1979)

Peser dans un erlenmeyer rodé de 250ml, 1 g de l'échantillon préalablement séché (16heures à 105°C) et broyé. Placer sous réfrigérant et introduire par le haut de celui-ci 1 ml d'acide sulfurique concentré, 3 ml d'acide nitrique concentré et 3 ml d'eau oxygénée à 30%. Porter doucement à ébullition en contrôlant la formation possible de mousse ; maintenir en ébullition douce durant 15 mn. Après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques ml d'eau déminéralisée, filtrer le contenu de l'erlenmeyer sur filtre en papier à vitesse moyenne ou sur une membrane de type Millipore dans un ballon jaugé de 50 à 100 ml selon les besoins.

Rincer plusieurs fois le résidu insoluble retenu sur le filtre par quelques ml d'eau déminéralisée ; amener à volume.

Selon ses auteurs, cette méthode a été testée avec succès dans divers milieux (sols, végétation, sédiments, particules atmosphériques) pour les éléments suivants : As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb et Zn.

2-7-3-Justification du choix des normes

Vouloir fixer une seule valeur seuil (normale) pour tous les types de plantes 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 Kabata-Pendias et Pendias, (1986) et qui correspondent généralement aux valeurs basses tolérées par la CE.

2-7-4-Justification du choix de la plante

Ces dernières années la région de Béni-Belaïd est devenue un véritable potager qui fournit la région de Jijel ainsi que les régions mitoyennes en matière de légumes (tomates et poivron vert) et fruits (la fraise en particulier). En effet, le choix de la fraise (*Fragaria cammarosa*) (Figure 07), comme matériel biologique dans notre étude est justifié par sa présence sur terrain en pleine période de fructification, tandis que la tomate et le poivron vert n'ont pas été cultivés.



Figure 07. Photo de l'espèce (*Fragaria cammarosa*) utilisée comme matériel biologique.

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 droites de régression. 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.

chapitre III

Résultats et Discussion

3-Les éléments traces métalliques dans la végétation

Les résultats des teneurs en cadmium et en zinc détectés dans les trois parties de la plante sont donnés par leurs éléments statistiques dans les tableaux (01) à (03) et en annexe (02) et représentés graphiquement dans les figures (08) à (10).

Tableau 01. Teneurs en cadmium et en zinc dans la plante (les trois parties confondues)

	Cd	Zn
<i>Minimum</i>	1.20	13.56
<i>Maximum</i>	4.47	103.94
<i>Moyenne</i>	2.05	40.39
<i>Ecart-type</i>	1.03	27.47
IL ⁽¹⁾	<i>0.05-0.2 ppm</i>	<i>27-150 ppm</i>
Nb ⁽²⁾	23	0

(1) Intervalle limite des ETM selon Kabata-Pendias et Pendias, (1986).

(2) Nombre des valeurs supérieures à cet intervalle.

3-1- Le cadmium (Cd)

Les résultats du tableau (01) montrent que les teneurs en cadmium dans la plantes varient entre un minimum de 1.20 ppm et un maximum de 4.47 ppm avec une moyenne de 2.05 ppm et un écart-type de 1.03.

Il ressort des résultats que presque toutes les teneurs en cet élément sont supérieures au seuil limite estimé naturel proposé par **Kabata-Pendias et Pendias, (1986)**.

Par ailleurs, l'étude de la distribution du métal dans les trois parties de la plante, révèle une distribution hétérogène dans la capacité d'accumulation et du stockage du cadmium tableau (02) et figure (08).

Tableau 02. Teneurs moyennes en cadmium dans les trois organes de la plante.

Cd (ppm)	Racines	Feuilles	Fruits
Cd (ppm)	1.542 ± 0.92	1.828 ± 0.952	2.775 ± 0.87

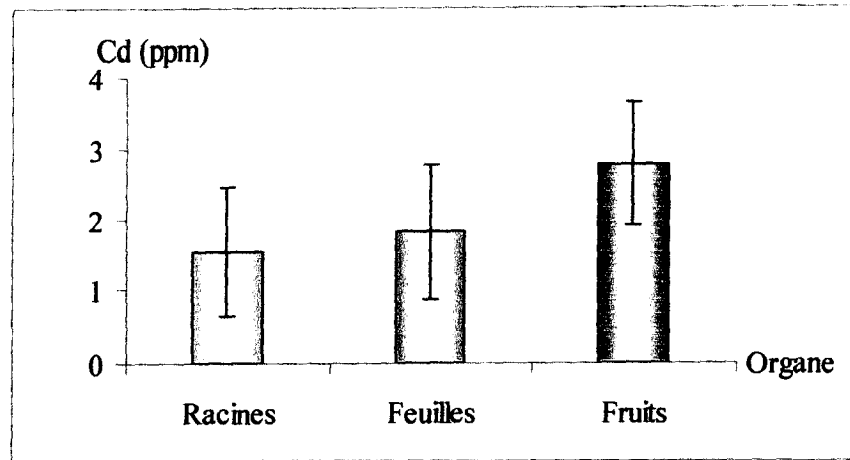


Figure 08. Teneurs moyennes en cadmium dans les racines, feuilles et fruits de la plante.

La figure (08) nous permet de comparer les teneurs moyennes en cadmium dans les trois organes de la plante. En effet, c'est au niveau des fruits que l'accumulation en cadmium s'effectue en grande quantité (2.775 ppm \pm 0.87), elle est 1.5 fois supérieure à celle des feuilles et 1.8 fois à celle des racines. Les feuilles de la plante viennent en deuxième position en matière d'accumulation du cadmium avec une teneur moyenne de 1.828 ppm \pm 0.952, elle est 1.2 fois supérieure à celle des racines. Ces dernières arrivent à accumuler une teneur moyenne de l'ordre de 1.542 ppm \pm 0.92.

Cependant, cette différence hétérogène de l'accumulation du cadmium entre trois organes de la plante était testée par l'analyse de la variance qui a révélée un effet organe significatif ($F=3.96$; $p<0.05$) (annexe 01).

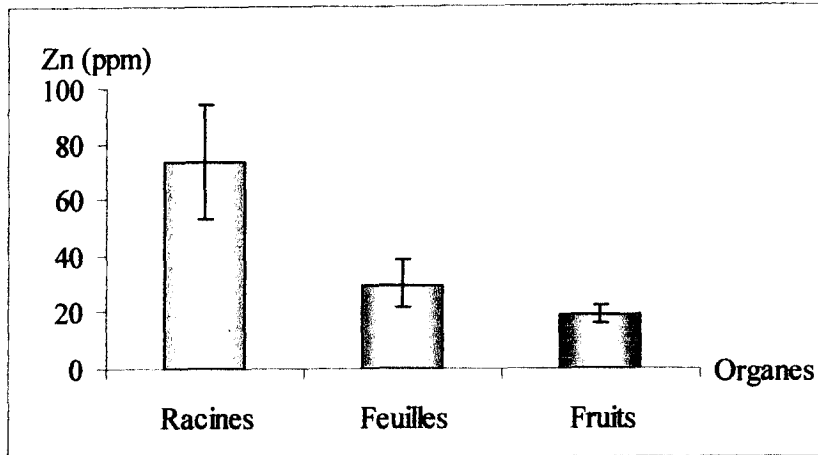
3-2- Le zinc (Zn)

Les résultats du tableau 01 montrent que les teneurs en zinc dans la plante varient entre un minimum de 13.56 ppm et un maximum de 103.94 ppm avec une moyenne de 40.39 ppm et un écart-type de 27.47. D'une manière générale, la totalité des teneurs obtenues en zinc restent inférieures au seuil limite estimé naturel proposé par **Kabata-Pendias et Pendias, (1986)**.

En revanche, l'étude comparative de la distribution des teneurs moyennes en zinc entre les différentes parties de la plante fait ressortir une importante différence en matière d'accumulation du zinc (tableau 03 et figure 09).

Tableau 03. Teneurs moyennes en zinc dans les trois organes de la plante.

Zn (ppm)	Racines	Feuilles	Fruits
Zn (ppm)	73.67 ± 20.48	28.74 ± 9.78	18.75 ± 3.13

**Figure 09.** Teneurs moyennes en zinc dans les racines, feuilles et fruits de la plante.

L'examen de la figure (09) nous a permis de comparer les teneurs moyennes en zinc dans les trois organes de la plante. Contrairement au cadmium, l'accumulation la plus importante en zinc a eu lieu au niveau des racines (73.67 ppm ± 20.48), elle est 2.5 fois supérieure à celle des feuilles et presque 4 fois supérieure à celle des fruits. Les feuilles de la plante viennent en deuxième ordre dans l'accumulation du zinc avec une teneur moyenne de 28.74 ppm ± 9.78.

D'après le tableau (02), elle est 1.5 fois supérieure à celles des fruits, qui viennent en troisième position avec une teneur moyenne de 18.75 ppm ± 3.13.

En effet, cette différence dans l'accumulation du métal entre les trois organes de la plante était mise en évidence par l'analyse de la variance qui a révélée un effet organe hautement significatif ($F=39.08$; $p<0.001$) (annexe 01).

3-3- Discussion des résultats

D'une manière globale, avec une teneur moyenne de 40.39 ± 27.47 ppm, le zinc est 19 fois mieux absorbé par la plante que le cadmium (2.05 ± 1.03 ppm). Il en est de même pour les trois organes étudiés (Figure 10). En effet, pour les deux métaux étudiés, l'absorption racinaire du zinc est largement supérieure à celle du cadmium. L'analyse statistique (test "t") fait apparaître une différence hautement significative ($t=9.94$; $p<0.001$) (annexe 01). Au niveau des feuilles, la

situation est similaire. L'accumulation du zinc par ces dernières reste toujours supérieure à celle du cadmium avec une différence hautement significative ($t=7.74$; $p < 0.001$) (annexe 01). Il en est de même pour les fruits, l'accumulation en zinc diffère significativement à celle du cadmium ($t=13.88$; $p < 0.001$) (annexe 01).

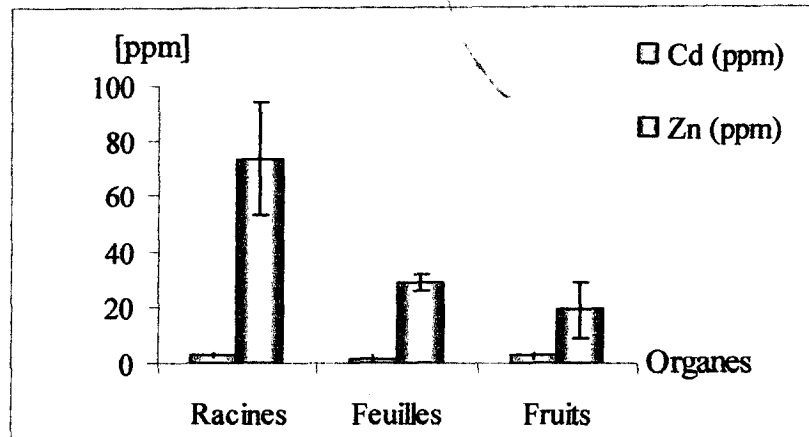


Figure 10. Comparaison des teneurs en zinc et en cadmium dans les trois organes de la plante.

Le végétal prélève des espèces solvatées. Il est nécessaire que l'élément passe en solution pour être absorbé par la racine. Actuellement, on estime que, pour la majorité des métaux et métalloïdes, le prélèvement se fait sous la forme ionique, cations libres (Cd^{2+} , Zn^{2+}) (Hart *et al.*, 1998).

En effet, le Zn s'accumule dans la partie racinaire plus que dans la partie aérienne. Dans les racines 90% de Zn total se présentent adsorbés sur la surface des parois cellulaires du cortex (Mengel et Kirkbay, 1978 ; in Abdul-Rida, 1992). Cependant, l'absorption du cadmium semble être en compétition avec des éléments tels que Mg, Fe, Zn, Cu pour les mêmes transporteurs transmembranaires (Clemens, 2006), ce qui est à l'origine de la corrélation significative mais négative ($r=-0,71$) entre les deux métaux au niveau des racines (Figure 11). Ce qui se traduit par une inhibition partielle de l'absorption du cadmium par le système racinaire.

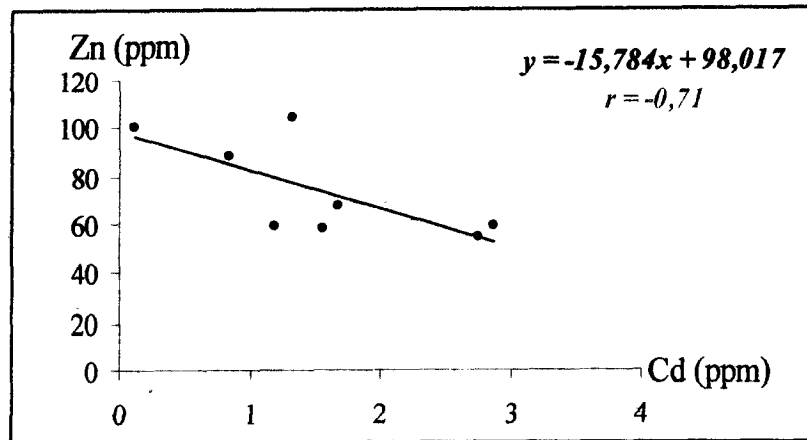


Figure 11. Corrélation des teneurs en cadmium et en zinc dans les racines.

Marcato (2007), dans l'étude de la mobilité du cuivre et du zinc, a montré que ce dernier est plus mobile au sein de la plante, cependant, les racines contiennent de plus grandes quantités que les parties aériennes, en particulier lorsque les apports sont importants.

Cependant, de nombreuses études ont montré que la fraction du zinc qui échappe à l'absorption racinaire sera transportée vers les parties aériennes essentiellement sous forme cationique libre Zn^{2+} avec une faible proportion liée aux acides organiques (principalement au citrate) pour être stockée au niveau des feuilles puis des fruits (**Salt et al., 1999 ; Mathys, 1977**). En effet, ces résultats coïncident avec les nôtres, où les teneurs moyennes en zinc suit l'ordre décroissant suivant: [Racines]>[Feuilles]>[Fruits].

De plus, l'augmentation des teneurs en zinc dans les racines par rapport à celles dans les parties aériennes, suggèrera que la plante adopte des mécanismes physiologiques de résistance vis-à-vis du zinc au niveau des racines.

Pour le cadmium, les résultats obtenus ont montré que la distribution du métal dans les différentes parties de la plante s'effectue comme suit : [Fruits]>[Feuilles]>[Racines].

Ces résultats sont conformes avec ceux de **Cataldo et al., (1983)**, qui ont montré que les ions cadmium sont majoritairement retenus dans les fruits de *Thlaspi caerulescens* et seules, de petites quantités sont adsorbés au niveau des racines. Cependant, d'après (**Sauvé et al., 2000**), l'absorption du cadmium par les racines est déterminée par la concentration en cadmium du sol et par sa disponibilité biologique.

Il est à signaler aussi que le périmètre d'étude, est une région à vocation agricole, et quelle est éloignée de toute activité industrielle, ce qui nous laisse dire que la seule et la principale source du cadmium ainsi que du zinc sera l'épandage des engrais ou fertilisants chimiques à grande

échelle est intensivement, à fin d'augmenter le rendement et d'améliorer la qualité des produits agricoles. Selon (Godin, 1983), 80% de la pollution des sols agricoles est due à aux engrais chimiques, qui apportent entre autres des métaux lourds tels que les phosphates (utilisés dans la région d'étude) qui renferment le cadmium, le chrome, le nickel, le zinc.

(Gavalda, 2001 ; Robert, 1992), rapportent que le zinc est présent en quantités non négligeables dans tous les intrants agricoles : fumiers, lisiers, phosphates, chaux. L'épandage agricole représente environ 40% des flux totaux Nicholson *et al.*, (2003). Le cadmium est également introduit dans le sol par le biais des fertilisants phosphatés (Robert, 1996). Il peut être présent, à des teneurs de 6.5 ppm à plus de 75 ppm selon l'origine du phosphate.

D'après les résultats de notre étude, il ressort que l'activité agricole dans la zone humide de Béni-belaïd constitue actuellement une véritable menace.

Conclusion

Conclusion

Le travail mené dans la région de Béni-belaid connue comme une zone à vocation agricole par excellence a porté sur la détermination et l'évaluation des niveaux de concentration en zinc et en cadmium dont l'origine est liée à l'activité agricole (épandage des engrais chimiques).

En effet, le travail était porté sur une espèce à grande consommation ces dernières années, celle de la fraise (*Fragaria camaraosa*), cultivée à grande échelle dans la région.

Cependant, la détection du zinc et du cadmium s'effectue dans les trois organes de la plante : les racines, les feuilles et les fruits.

Pour le zinc l'étude a montrée que le métal manifeste une certaine préférence pour les racines, par rapport aux feuilles et aux fruits. Par ailleurs, les teneurs en métal détectées au niveau de l'espèce restent toujours inférieures à la valeur limite recommandée.

Pour le cadmium, l'analyse du métal a montrée que ce dernier était détecté en grandes quantités au niveau des fruits que les feuilles, et le système racinaire.

En revanche, les teneurs enregistrées sont presque dans la totalité supérieures à la norme en vigueur.

En effet, pour le cadmium, l'accumulation du métal s'effectue dans la partie sensible de la plante (le fruit), la partie comestible du végétal, ce qui constitue un risque important en raison du transfert possible du métal vers la chaîne alimentaire.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- 1-Abdul Rida A. (1992).** Bio surveillance de la contamination du sol : apport de l'étude des lombriciens à l'évaluation des risques liés aux éléments traces. Thèse doct.Sci et techn., Univ. Montpellier II, France, 232p.
- 2-Adriano D.C. (2001).** *In* : Trace Metals in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals, Springer-Verlag, New york, pp. 866 Second ed.
- 3-Alkorta I., Hernandez-Allica J., Becerril J.M., Amezaga I., Albizu I. et Garbisu C. (2004).** Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead and arsenic. *Environ. Sci. Biotechnol.* 3 : 71-90.
- 4-Anonyme(1996).** Etude d'un schéma directeur de développement agricole de la wilaya de jijel phase I Analyse et diagnostique,93p.
- 5-Anonyme (1996).** Rapport de la stratégie relative au zone humide méditerranéennes. Venis, 53p.
- 6-Aoun M. (2009).** Action du cadmium sur les plants de moutarde indienne [*Brassica juncea* (L.) Czern] néoformés à partir de couches cellulaires minces et issus de semis. Analyses physiologiques et rôle des polyamines. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 135p.
- 7-Babich H., Stotky G. (1978).** Effects of cadmium on the biota: influence of environmental factors, *Avv. Appl.Microbiol.*, p.23-55.
- 8-Bonte J. et De Cormis L. (1979).** Etude bibliographique des risques de contamination des plantes par le plomb du sol et de l'atmosphère, qu'il soit naturel ou d'origine anthropique. *Rev. Pollution atmosphérique* n ° 81.
- 9-Bourg ACM., et Loch JPG. (1995).** Mobilization of heavy metals as affected by pH and redox conditions. In *Biogeochemistry of pollutants in soils and Sediments*, Salomons W, Stigliani WM (eds). Springer: Berlin Heidelberg, NY; 87-102.
- 10-Bourrelrier P et Bertelin J. (1998).** Contamination des sols par les éléments en traces: les risques et leur gestion. Ed. Tec & Doc. 440p.
- 11-Cataldo D.A., Garland T.R. et Wildung R.E., (1983) .** Cadmium uptake kinetics in intact soybean plants. *Plant Physiol.* 73 : 844-848.
- 12-Clemens S. (2006).** Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie* 88 : 1707-1719.

- 13-Colinet G. (2003).** Eléments traces métalliques dans les sols. Contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région limoneuse Belge. Thèse de doctorat. Gembloux. Faculté universitaire des sciences agronomiques, 415p.
- 14-Coullery P. (1997).** Comportement des métaux lourds en agrosystèmes tempérés à faible taux de pollution métallique. Thèse.Doc. Génie rural. EPF. Lausanne. Suisse.137p + Annexes.
- 15- Das P., Samantaray S. et Rout G.R. (1995).** Studies on cadmium toxicity in plants : A review. *Environ. Pollut.* 98 : 29-36.
- 16-Diserens E. (1996).**Teneurs en cadmium dans la partie comestibles des plantes cultivées : une étude bibliographique.Rev. OFEFP Sols pollués – métaux lourds et plantes bioindicatrices. Document Environnement n ° 58, Sol, Berne. 15-75.
- 17-Elmsley J. (2001).** Nature's Building Blocks. A A-Z guide to the elements. Oxford University Press, Oxford, UK.
- 18-Fodor F. (2002).** Physiological responses of vascular plants to heavy metals. *In* : Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants, Prasad M.N.V. et Strzalka K. eds, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 149-177.
- 19-Gavalda D., (2001).** Devenir des elements traces metalliques dans les boubenes (louvreoxysol) apres epandage de boues granulees. Thèse de doctorat INPT, 258 p.
- 20-Godin P., (1983) .** Les ressources de la pollution des sols: essai de quantification des risques dus aux éléments traces. *Science du Sol* 73-87.
- 21-Hart J J, Norvell W A, Welch R M, Sullivan L A, Kochian L ., (1998).** Characterisation of Zinc Uptake, Binding, and Translocation in Intact Seedlings of Bread and Durum Wheat Cultivars. *Plant Physiol*; 118: 219-226.
- 22-Hart J.J., Welch R.M., Norvell W.A., Sullivan L.A. et Kochian L.V. (1998).** Characterization of cadmium binding, uptake, and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars. *Plant Physiol.* 116 : 1413-1420 .
- 23-He QB ; Singh BR ; Hodgson J.F. (2005).** Crop uptake of cadmium from phosphore fertilizers I. Yield and cadmium content. *Water Air and Soil Pollution*, 74, 251-265.

- 24-Hoening M., Dupire S. et Wollast R. (1979).** L'atomisation électrothermique en spectrométrie d'absorption atomique et son application dans les études de l'environnement. Techniques et documentation, Paris.
- 25-Iretsky M ; Chieu F. (1999).** Voies de transfert d'éléments traces non essentiels dans le système Sol Air Plante. Bull. Soci. Belge de Pédologie. Gand, pp. 311-323.
- 26-Kabata-Pendias, A. et Pendias, H. (1986).** Trace elements in soils and plants, Boca Raton, Floride, CRC Press.
- 27-Kabata-Pendias A., Pendias H. (1992).** Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2nd Edition, 209 p.
- 28-Kirpichtchikova T., Manceau A., Spadini L., Panfili F., Marcus M. A., Jacquet T. (2006).** Speciation and solubility of heavy metals in contaminated soil using X-ray microfluorescence, EXAFS spectroscopy, chemical extraction, and thermodynamic modeling. *Geochim. Cosmochim. Acta* 70, 2163-2190.
- 29-Koller E. (2004).** Traitement des pollutions industrielles, Ed Dunod, Paris, pp 424.
- 30-Lasat M. M., Baker A. J. M., and Kochian L. V. (1998).** Altered Zn compartmentation in the root symplasm and stimulated Zn absorption into the leaf as mechanisms involved in Zn hyperaccumulation in *Thlaspi caerulescens*. *Plant Physiol.* 118, 875-883.
- 31-Lenntech. (2007a).** Cadmium. Propriétés chimiques- effets du cadmium sur la santé-effets du cadmium sur l'environnement. <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Cd.htm>.
- 32-Lenntech. (2007b).** Zinc. Propriétés chimiques- effets du zinc sur la santé-effets du zinc sur l'environnement. <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Zn.htm>.
- 33-Lindberg S. et Greger M. (2002).** Plant genotypic differences under metal deficient and enriched conditions. *In : Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants*, Prasad M.N.V. et Strzalka K. eds, Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp 357-393.
- 34-Loué A. (1993).** Oligoelements en agriculture. Editions Nathan, 577 p.
- 35-Mallick N. et Rai L.C. (2002).** Physiological responses of non-vascular plants to heavy metals. *In : Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants*, Prasad M.N.V. et Strzalka K. (eds), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 111-147.

- 36-Marcato C.E. (2007).** Origine, devenir et impact du cuivre et du zinc des lisiers porcins. Rôle de la digestion anaérobie. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 184p.
- 37-Marschner H. (1995).** Mineral nutrition of higher plants. Second Edition, Academic Press.
- 38-Mathys W., (1977).** The role of malate, oxalate and mustard oil glucosides in the evolution of zinc resistance in herbage plants. *Physiologia Plantarum* 40, 130-136.
- 39-Meyer K. (1991).** La pollution des sols en Suisse. Rapport thématique du programme national de recherche "Sol". Liebefeld-Berne.
- 40-Miquel G. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport 261 (2001/2002). Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques. pp 94-329.
- 41-Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton-Smith C., Chambers B.J., (2003).** An inventory of heavy metal inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment*, 311, 205-219.
- 42-Nieboer E. et Richardson D.H.S. (1980).** The replacement of the nondescript term « heavy metal » by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environ. Pollut.* 1 : 3-26.
- 43-OFEFP. (2003).** Rapport d'office fédérale de l'environnement des forêts et de paysage DERN,18p.
- 44-Ramade F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions, Ediscience internationale, Paris, 512p.
- 45-Raskin I., Kumar N. P. B., and Dushenkov S. (1994).** *Phytoremediation of metals*. United States Patent 5364451.
- 46-Reeves R.D. et Baker A.J.M. (2000).** Metal-accumulating plants. *In* : Phytoremediation of toxic metals-using plants to clean up the environment. Raskin I., Ensley, B.D. (Eds.), John Wiley et Sons, New York, pp. 193-229.
- 47-Robert M., (1996).** Le sol: interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson, Paris, 241p.
- 48-Robert M., (1992).** Rôle du facteur biologique dans la formation du sol, *Sciences*, 92, 73-107.
- 49-Romanowska E. (2002).** Gas exchange functions in heavy metal stressed plants. *In* : Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants, Prasad M.N.V. et Strzalka K. eds, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp 257- 285.

- 50-Salt D. E., Prince R. C., Baker A. J. M., Raskin I., and Pickering I. J. (1999)** . Zinc ligands in the metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* as determined using X-ray absorption spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* 33, 713-717.
- 51-Salt D.E., Smith R.D. et Raskin I. (1998)**. Phytoremediation. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49 : 643-668.
- 52-Sauvé S., Norvell W.A., McBride M. et Hendershot W., (2000)**. Speciation and complexation of cadmium in extracted soil solutions. *Environ. Sci. Technol.* 34 : 291-296.
- 53-Stobart A.K., Griffiths W.T., Ameen-Bukhari I. et Sherwood R.P. (1985)**. The effect of Cd²⁺ on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley. *Physiol. Plant.* 63 : 293-298.
- 54-Sukreeyapongse DE, Pickering IJ, Prince RC, Gleba D. (2002)**. Metal accumulation by aquacultured seedlings of indian mustard. *Environ. Science Technol.*,31, 1636-1644.
- 55-Tremel-Schaub A., Feix I. (2005)**. Contamination des sols. EDP Sciences & ADEME Edition, 413 p.
- 56-Wenzel W.W., Blum W.E.H., Brandstetter A., Jockwer F., Kochl A., Oberforster M., Oberlander H.E., Riedler C., Roth K. et Vladeva I. (1996)**. Effects of soil properties and cultivar on cadmium accumulation in wheat grain. *Z. Pflanz. Bodenkd.* 159 : 609-614.
- 57-Zhang G., Fukami M. et Sekimoto H. (2000)**. Genotypic differences in effects of cadmium on growth and nutrient compositions in wheat. *J. Plant. Nutr.* 23 : 1337-1350.

Annexes

Annexes

Annexe 1

ANOVA (effet organe) Cd

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

Fichier Edition Affichage Analyse Graphiques Options Fenêtre Aide

2. Options Colonnes Lignes

Suite... 1-ORGANE

Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	niveau p
1	2	.832128	21	.209689	3.968400	.034520

ANOVA (effet organe) Zn

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

Fichier Edition Affichage Analyse Graphiques Options Fenêtre Aide

2. Options Colonnes Lignes

Suite... 1-ORGANE

Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	niveau p
1	2	1711.238	21	43.78255	39.08493	.000000



Annexe 2

Tableau I. Résultats brutes des teneurs en Cadmium dans les trois parties de la plante.

Stations	Racines	Tiges+Feuilles	Fruits
St 01	0,060	1,320	1,495
St 01	0,420	0,960	1,735
St 02	0,600	0,900	2,235
St 02	0,780	1,735	1,080
St 03	1,435	0,240	1.260
St 03	1,375	0,420	1.020
St 04	0,660	1,020	1,375
St 04	0,840	0,720	0,900

Tableau II. Résultats brutes des teneurs en zinc dans les trois parties de la plante.

Stations	Racines	Tiges+Feuilles	Fruits
St 01	43,12	16,49	10,26
St 01	44,03	12,12	8,55
St 02	29,31	9,77	9,28
St 02	28,83	15,72	10,01
St 03	29,41	11,05	6,78
St 03	27,24	13,28	7,85
St 04	51,97	25,07	11,05
St 04	33,77	11,48	11,24

JURY:

Président : Mr. MAYACHE. B

Encadreur: Mr. KRIKA.A

Examinatrice : Mme.BEN FRIDJA. L

Présenté par :

Attoum Fouzia

Boudjit Zina

THEME

Evaluation des teneurs métalliques (Cd et Zn) chez une plante comestible - la fraise - (*Fragaria canarosa*) dans la région de Béni-belaïd (wilaya de djijel).

RESUME

L'évaluation par spectroscopie d'absorption atomique (SAA) des teneurs métalliques en cadmium et en zinc chez la fraise (*Fragaria canarosa*), cultivée à grande échelle dans la région de Béni-belaïd, a confirmé l'origine anthropique de ces deux métaux : épandage de engrais et fertilisant chimique, dans le but d'augmenter le rendement et améliorer la qualité de produit agricole.

Mots clés : cadmium, zinc, Béni-belaïd, Fraise (*Fragaria canarosa*), fertilisants chimiques.

ABSTRACT

The assessment by atomic absorption spectroscopy (AAS) of tenures metal cadmium and zinc in strawberries (*Fragaria canarosa*), cultivated on a large scale in the region of Béni-belaïd, confirmed the anthropic origin of these two metals: application of fertilizer and chemical fertilizer in order to increase efficiency and improve the quality of agricultural product.

Keywords: cadmium, zinc, Beni-Belaïd, Strawberry (*Fragaria canarosa*), chemical fertilizers.

ملخص

تم تقييم تراكيز المعادن الثقيلة الزنك والكاديوم في ثمار الفراولة (*Fragaria canarosa*) المزروعة على نطاق واسع في المنطقة الجبلية بولاية جيليلة، مما أكد على الأصل البشري لهذه المعادن: استخدام الأسمدة الكيميائية بهدف زيادة الإنتاجية وتحسين جودة المنتج الزراعي.

Mots clés : cadmium, zinc, Béni-belaïd, Fraise (*Fragaria canarosa*), fertilisants chimiques.

الكلمات المفتاحية: الزنك، الكاديوم، المنطقة الجبلية، بيلي، الفراولة.