

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة  
UNIVERSITÉ 20 AOUT 1955-SKIKDA



Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Mémoire Présentée Vue de l'obtention du Diplôme  
de Master

Filière: Ecologie et environnement

Option: Ecologie des milieux naturels

Intitulé

**Contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique chez  
quelques espèces végétales (mine de Sidi Kamar-Skikda)**

Présenter par:

- Boudinar Nouha
- Boulahdid Rania
- Fenghour Chbaila
- Bendal Marwa

Membre de jury:

BOUDEFFA K.	MCB	Président	Université 20 août 1955-Skikda
FEKRACHE F.	MCA	Promoteur	Université 20 août 1955-Skikda
ZAOUI L.	MCA	Examinatrice	Université 20 août 1955-Skikda

Année universitaire 2021/2022



## *Remerciements*

*La réalisation de cet ouvrage n'a été possible que grâce aux enseignements reçus des enseignants du L'université 20 août 1955 Skikda. C'est donc une occasion pour nous d'adresser des vifs remerciements aux :*

*Tout d'abord, Nos remerciements adressent en premier lieu à Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données Durant la réalisation de ce modeste mémoire ainsi que le long de notre cursus d'étude au terme de ce travail. Nous tenons à remercier tout les personnels de Département des sciences naturelles et de la vie.*

*Nous tenons à adresser nous remerciements à notre encadreur pour avoir accepté de nous encadrer et de nous fournir ses précieux conseils **Ms. Fekrache Fadila***

*Nous remercions Les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail **Ms. Zaoui L., Mr. Boudeffa K.** Nous remercions également le Laboratoire Horizon Analyse du sol et des Eaux à Annaba de nous avons fait les analyses des métaux lourds Chez les végétaux.*

*Finalement, Nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*





## *Dédicace*

*À celle qui a été sanctifiée par le Coran et a fait de son obéissance une partie de la foi, à celle qui m'a comblé de sa bonté et de sa tendresse, à la mer d'amour et de tendresse et au pouls qui réside dans mes veines, Et le secret de mon existence, au confort de mes yeux et à la lumière de ma vie, À celle sous les pieds de qui est le paradis, **machère mère**, que Dieu la protège. À la mer du don qui ne lésine pas, à celui qui m'a élevé et lutté pour mes succès et ma joie, le propriétaire d'un cœur sincère A mon premier exemple, et le phare qui éclaire ma route, à celui en qui je lève la tête, **mon cher père**, que Dieu le protège. A la joie de notre maison, mes frères "**Haïtem**" et "**Houcín**". À mes sœurs, mes jumelles **Abír**, **Khaoula**, **Hoyam** et **Wissal**. À mes grands-mères. Et aux âmes pures de mes ancêtres, que Dieu ait pitié d'eux et leur accorde la paix. A mon oncle **Abd el Aziz** et mes tantes **Yasmína**, **Nouora**, **Akíla** et **Záineb**. A mes tantes et leurs enfants, en particulier mon très chère, **Rayane**, **Nesrine**, **Amani**, et ma tante **Nadjet** et ses enfants. A ma très chère amie et camarade **Khadíja Sebbagh**. À tous ceux que je connais et je les porte dans mon cœur amour et gratitude*

*Ranía B.*





## *Dédicace*

*Launge à Dieu Seigneur des mondes et que les priètes et la paix soient sur lui et les messages les plus honorables, notre prophète et maître Mohamed que la paix et les bénédictions soient sur lui. Je dédie ce travail à : L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur. Celui qui S'est toujours sacrifié pour me voir réussir. Que Dieu te protège,*

*ô lumière de mon chemin, et que*

*Dieu prolonger ta vie, **Papa Salah***

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, mon vit et mon bonheur, **Maman** que j'adore*

*Aux bougies de ma vie mes frères : **Wafa\_Housseem Edinne** \_*

***Ahlam\_ Imad\_ Djalal Edinne** \_ **Mouna.***

*Aux poissins de la maison : **Fourkan** \_ **Amdjad\_ Taym\_ Hanin\_***

***Soudjoud.** Un grand merci à toute ma famille et mon aimable*

*professeur **Fadila Fekrache.***

*À tous **mes amis** tout au long de ma carrière universitaire et au-delà. À tous ceux que j'aimais et qui m'aimaient. À tous ceux qui ont un souvenir Cher dans mon cœur. OH mon Dieu enseigne nous ce qui nous sera bénéfique et guide nous au bon chemin.*



***Nouha B.***



## *Dédicace*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à **ma mère** et **mon père**, ☺Ceux qui ont vécu, travaillé et sacrifié leur vie pour mon bonheur et mes succès, pour lesquels j'ai tenu la tête haute avec fierté et joie, le sourire de ma vie, le secret de mon existence, le paradis du monde et le confort de mes yeux, que j'ai rachetés avec mon âme. Que Dieu les garde et prolonge leur vie Inchallah.  
Je dédie également ce travail à **mes frères** et **sœurs**, à tous mes chers amis et à tous ceux qui soutenu.*

*Chbaïla F.*





## *Dédicace*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce mémoire  
A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et  
qui n'a jamais cessé de prier Pour moi  
A mon très chère père, pour ses encouragements son soutien  
surtout pour son amour et son  
Sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.  
A mes sœurs Meriem, Khadidja, Amani, Rokaya, Maïssa, Sara.  
Et a tous mes amis qui m'ont toujours encouragé et à qui je  
souhaite plus de succès.*

*Marwa B.*



## Résumé

---

L'objectif de ce travail est d'évaluer les capacités de certaines plantes susceptibles d'extraire des éléments traces métalliques et d'identifier les espèces végétales les plus capables d'accumuler ces éléments chimiques. Les métaux lourds ont été étudiés, et en estimant la concentration en métaux lourds (le zinc, le plomb et le fer) dans différentes parties de la plante (feuilles et racines). A travers nos visites de terrain dans la région, nous avons identifié deux espèces, *Menthasuaveolens* et *Cynodondactylon*, et le dosage de ces (ETMs) a été effectué sur les feuilles et les racines de ces deux espèces dans la région de Sidi Kamar. Une fois que les espèces ont bien séché, les feuilles sont séparées des racines puis finement broyées en poudre. Ensuite, il a été transféré au laboratoire Horizon à Annaba pour doser le plomb, le zinc et le fer et leurs concentrations dans les parties des deux plantes (racines, feuilles). Les résultats ont montré une différence de pourcentage d'accumulation d'un métal à l'autre, et d'une plante à l'autre.

**Mots clés:** *Menthasuaveolens*, *Cynodondactylon*, éléments traces métalliques, Sidi kamar, Écosystèmes, accumulation.

## Abstract

---

The objective of This Works is to evaluate the capacities of certain plants capable of extracting metallic trace elements and to identify the plant species most capable of accumulating these chemical elements. Heavy metals have been studied, and by estimating the concentration of heavy metals (zinc, lead and iron) in different parts of the plant (leaves and roots). Through Our field visits in the region, we identified two species, *Menthasuaveolens* and *Cynodondactylon*, and the dosage of these (ETMs) was carried out on the leaves and roots of these two species in the region of Sidi Kamar. After the species have dried well, the leaves are separated from the roots and then finely ground into a powder. Then, he was transferred to the Horizon laboratory in Annaba to measure lead, zinc and iron and their concentrations in the parts of the two plants (roots, leaves). The results showed a difference in the percentage of accumulation from one metal to another, and from one plant to another.

**Key words:** *Menthasuaveolens*, *Cynodondactylon*, metallic trace elements, Sidi kamar, Ecosystems, accumulation

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم قدرات بعض النباتات القادرة على استخراج العناصر المعدنية النزره وتحديد الأنواع النباتية الأكثر قدرة على تراكم هذه العناصر الكيميائية. تمت دراسة المعادن الثقيلة وتقدير تركيز المعادن الثقيلة (الزنك والرصاص والحديد) في أجزاء مختلفة من النبات (الأوراق والجذور). من خلال زيارتنا الميدانية في المنطقة ، حددنا نوعين ، *Menthasuaveolens* و *Cynodondactylon* ، وتم إجراء جرعة هذه (ETMs) على أوراق وجذور هذين النوعين في منطقة سيدي قمير. بعد أن يجف النوع جيداً ، يتم فصل الأوراق عن الجذور ثم طحنها جيداً لتصبح مسحوقاً. ثم تم نقله إلى معمل هوريزون في عنابة لقياس الرصاص والزنك والحديد وتركيزاتها في أجزاء النباتين (الجذور والأوراق). وأظهرت النتائج اختلافا في نسبة التراكم من معدن لآخر ومن نبات لآخر.

**الكلمات المفتاحية:** *Cynodondactylon* ، *Menthasuaveolens* ، العناصر المعدنية النزره

، سيدي قمير، النظم البيئية ، التراكم.

## Tableau des matières

Titre	page
✍ -Résumé	
✍ -Liste des tableaux	
✍ -Liste des figures	
✍ -Liste des abréviations	
✍ -Introduction.....	1
<b>Chapitre I: la bioaccumulation des métaux par les végétaux</b>	
1. Les éléments traces métalliques.....	4
1.1. Définitions.....	4
1.2. Origine des métaux lourds.....	4
2. Accumulation dans les différents organes des plantes.....	5
3. Le phénomène d'accumulation des métaux lourds dans les végétaux et les mécanismes d'endurance .....	6
3.1. Plantes inhibitrices (Metalexcluders).....	6
3.2. Plantes fonctionnelles (indicateurs métalliques) .....	6
3.3. Plantes accumulatrices (Accumulators).....	6
4. L'absorption des métaux lourds par les plantes .....	7
4.1. Absorption racinaire.....	7
4.2. Translocation .....	8
4.3. Accumulation .....	9
5. La toxicité des métaux lourds.....	9
6. L'effet des métaux lourds sur les plantes.....	10
6.1. Effet des métaux lourds sur la germination.....	10
6.2 L'effet des métaux lourds sur la croissance.....	10
6.3 Effet des métaux lourds sur la photosynthèse.....	10
<b>Chapitre II: matériels et méthodes</b>	
1. Présentation de la zone d'étude.....	12
1.1. La mine de Sidi Kamar.....	12
1.2. Oued Essouk.....	12
2. Climat et végétation.....	13
2.1. Le climat.....	13
2.1.1. Les variations moyennes mensuelles de la précipitation.....	13
2.1.2. variations de la température moyenne mensuelle .....	13
2.1.3. Diagramme Ombro-Thermique de GAUSSEN .....	14
3. Matériels végétales .....	15
3.1. Description botanique du genre <i>Cynodon dactylon</i> .....	15

## Table de matière

---

3.1.2. Description .....	15
3.1.3. Classification d'espèce.....	15
3.2. Description Botanique du genre <i>Menthasuaveolens</i> .....	16
3.2.1. Classification d'espèce .....	17
4. Préparation des échantillons .....	17
5. Méthodes de dosage des métaux .....	17

### Chapitre III : résultats et discussion

1. La bioaccumulation chez <i>Cynodon dactylon</i> .....	20
1.1. Le Zinc (Zn) .....	20
1.2. Le plomb (Pb) .....	20
1.3. Le Fer (Fe) .....	21
2. La bioaccumulation chez <i>Menthasuaveolens</i> .....	22
2.1. Le Zinc (Zn) .....	22
2.2. Le Plomb (Pb) .....	22
2.3. Le Fer (Fe) .....	23
Conclusion générale .....	25
Référence bibliographique .....	28
Annexe .....	34

## Liste des figures

<b>Figure 1: origine des métaux lourds dans le sol.</b>	5
<b>Figure 2: coupe d'une racine.</b>	8
<b>Figure 3 : situation géographique de la mine de Sidi Kamar et d'Oued Essouk.</b>	12
<b>Figure 4 : variation moyennes mensuelles de données climatiques (Tc et pr) en (mm) de la station d'Oum Toub pour la période ( 2014 _ 2022).</b>	14
<b>Figure 5 : diagrafombro_thermique de la station d'Oum Toub (2014_2022).</b>	14
<b>Figure 6: chien_dent (cyndondactylon).</b>	15
<b>Figure 7: mentha_suaveolens.</b>	17
<b>Figure 8: valeurs moyennes des concentrations de zinc de fer et de plomb dans les feuilles et les racines de la plante cyndondactylon.</b>	22
<b>Figure 9: valeurs moyennes des concentrations de zinc de fer et de plomb deans les feuilles et les racines de la plante chien_dent.</b>	23

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1 : les moyennes mensuelles de la précipitation de la station d'Oum Toub (2014-2022).</b>	13
<b>Tableau 2 : les moyennes mensuelles de la température de station d'Oum Toub -sidi kamar (2014-2022).</b>	13

## Liste des abréviations

---

**ETM** : élément trace métallique

**Sn** : Etain

**Hg** : Mercure

**Pb** : Plomb

**Co** : Cobalt

**Zn** : Zinc

**Ni** : Nickel

**Cu** : Cuivre

**Cu<sup>2+</sup>** : l'ion cuivrique

**Cr** : Chrome

**Cd** : Cadmium

**Se** : Sélénium

**Fe** : Fer

**Mo** : Molybdène

**V** : Vanadium

**Sb** : Antimoine

**Sb** : Antimoine

**BA** : Barium

**Mn** : Manganèse

**CB** : colombium

**h** : heure

**g** : gramme.

**L** : Liter.

**F** : Facteur de transfert

**ml** : millilitre.

**Km<sup>2</sup>** : kilomètre carré

**mm** : millimètre

**T°** : Température

**°C** : degré Celsius

**%** : Pour cent.

**Ag** : Antigène

**Kg** : kilogramme

**mg** : milligramme

**mg/kg** : milligramme par kilogramme

## Liste des abréviations

---

**pH** : potentiel hydrogène

**HCL** : Acide chlorhydrique

**HNO<sub>3</sub>** : Acide nitrique



# *Introduction*

## Introduction

---

L'environnement naturel comprend tout ce qui entoure l'homme, qu'il soit naturel ou non vivant, et l'environnement a été trouvé d'une manière équilibrée, où chacun de ses éléments naturels se trouve d'une manière qui assure l'équilibre de l'environnement et est capable de fournir l'équilibre approprié moyens de vie pour les humains et le reste des autres créatures vivantes à la surface de la terre. Cependant, les activités humaines multiples et complexes sur la biosphère ont souvent conduit à la pollution de l'environnement et à la perturbation de l'équilibre naturel (Gisbert *et al.*, 2003; Cang *et al.*, 2011; Garbisu and Alkorta, 2003).

Les problèmes de pollution par des matières organiques et inorganiques du milieu environnant (sol - eau - air - plantes) se sont exacerbés. La pollution par les métaux lourds est considérée comme l'un des types de polluants inorganiques les plus dangereux du fait du développement industriel (Bondada et Ma., 2003 ; Pu et Zhang, 2011), car elle se caractérise par son incapacité à se biodégrader et donc sa capacité à persister pendant une longue période de temps (Shah *et al.*, 2009). Par exemple, le sol retient le plomb pendant une période de temps allant de 150 à 5000 ans (Yang *et al.*, 2005) et ces éléments ont des effets négatifs et dangereux sur l'homme, plantes et animaux, car ces éléments peuvent entrer dans la chaîne alimentaire et s'accumuler avec l'ascension vers le sommet de la pyramide alimentaire (Nazir *et al.*, 2011 ).

De nombreuses études ont montré que la présence d'éléments traces métalliques et plus particulièrement le Cd dans le milieu de culture peut se traduire, par l'apparition de symptômes d'intoxication, accompagné d'une inhibition de la croissance pondérale des plantes, d'une réduction de l'activité photosynthétique et d'une diminution de l'absorption des nutriments (Zhou et Qiu, 2005 ; Clemens, 2006 ; Verbruggen *et al.*, 2009 et DalCorso *et al.*, 2013). Lorsque ces métaux sont présents en grande quantité absorbable, ils entrent en compétition avec les éléments nécessaires aux plantes, les absorbent en quantité excessive et les remplacent en chlorophylle ou en enzymes, gênant ou inhibant ainsi leur fonction. Les éléments lourds ont également des effets néfastes sur la croissance des organes terrestres et aérobies des plantes et empêchent l'activité de la photosynthèse et conduisent parfois à la mort de la plante (shah *et al.*, 2009).

Parmi les zones contaminées par des éléments minéraux en Algérie, nous citons la région d'Oum El Toub, qui est affiliée à la Wilaya de Skikda. Cette zone créée en 1958 dans le cadre du projet de Constantine, après avoir été la première commune de Sidi Kamar. Elle possède des richesses forestières, le barrage « Baraka » ou barrage « Genitra », et l'ancienne mine de Sidi Kamar (pour le plomb et le zinc) abandonnée depuis 1976, laissant à sa place un grand

## Introduction

---

nombre de résidus miniers qui ont affecté le couvert végétal dans cette zone, sans aucune mesure préventive pour préserver l'environnement.

Dans cette optique, l'objectif du présent travail vise en premier lieu à étudier les impacts des ETMs sur la végétation de la mine de Sidi Kamar dans la région d'Oum Toub à Skikda, puis d'évaluer les potentialités de certaines plantes susceptibles d'extraire les ETMs dans ce site. Pour atteindre cet objectif, le mémoire sera subdivisé en trois chapitres précédés par une introduction qui décrit l'origine du sujet, les objectifs visés et l'approche méthodologique utilisée pour atteindre l'objectif:

Le premier chapitre du mémoire présente une recherche bibliographique sur les Eléments Traces Métalliques et les processus de bioaccumulation de ces derniers par les végétaux.

Le deuxième sera consacré aux matériel et méthodes d'analyses.

Dans le dernier nous exposerons les résultats obtenues lors de la recherche.

Enfin, le document sera finalisé par une conclusion générale.



## *Chapitre I :*

# *La bioaccumulation des métaux par les végétaux*

## 1. Les éléments traces métalliques

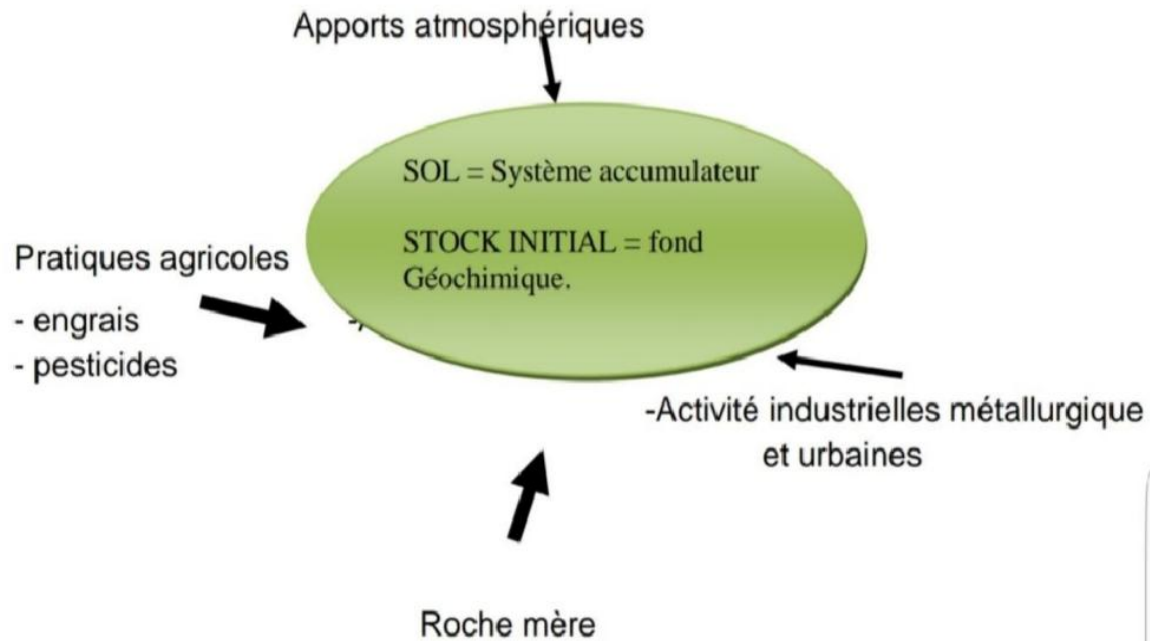
### 1.1. Définitions

Les éléments traces se définissent comme «les constituants de la croûte terrestre, dont la concentration est pour chacun d'entre eux est inférieure à 0.1%» (Baize, 1997).

La notion d'éléments traces métalliques (ETM) s'affirme de plus en plus remplacer le concept de métaux lourds considéré comme trop flou (Reflexions ULg, 2011). On retrouve deux grandes classes parmi les ETMs: les éléments traces essentiels et les éléments traces non-essentiels. Nous retrouvons dans les Premiers des éléments chimiques tels que le fer, le zinc, le cuivre et le sélénium. Ces derniers sont des oligo-éléments essentiels pour le bon fonctionnement du métabolisme mais peuvent devenir problématiques à trop forte concentration (ReflexionsULg, 2011). Les seconds, les 3 éléments non-essentiels, ne possèdent pas de rôle positif dans l'activité biologique et provoquent pour la plupart des effets toxiques graves (cadmium, mercure, plomb, étain,)(Evlard, 2013; ReflexionsULg, 2011).

### 1.2. Origine des métaux lourds

Les origines de la présence des ETM dans l'environnement sont multiples. Les ETMs sont présents naturellement en très faible quantité dans le sol, l'eau et l'air mais la problématique les concernant provient essentiellement des rejets d'origines anthropiques (Bourrelier, Berthelin et Pédro, 1998). En effet, de nombreux ETM sont utilisés dans des processus industriels ou pour la fabrication d'objets communs. Les rejets peuvent dès lors être localisés lors de dépôts de sites miniers ou industriels mais également lors de rejets plus diffus à travers les intrants agricoles, les rejets liés au trafic routier, aux retombées atmosphériques, etc. (Bourrelier *et al.*, 1998; Masciandaro *et al.*, 2013). Ce sont des rejets dans lesquels la teneur retrouvée peut être faible mais ces derniers étant peu mobiles, une accumulation peut se former comme au sein de bassins d'orage, points de chute des eaux de ruissellement d'autoroute (Heck, 1977).



**Figure 1.** Origine des métaux lourds dans le sol (Robert et Juste 1999)

### 2. Accumulation dans les différents organes des plantes

Généralement, les racines ont tendance à accumuler les ETMs, les parties reproductrices (fleurs, fruits, graines) à les exclure et les parties végétatives (tiges et feuilles) sont considérées comme étant intermédiaires ; les teneurs en ETMs dans les plantes sont réparties selon le gradient d'accumulation : racines > tiges > feuilles > graines et fruits. Lors de leur prélèvement par la plante, les métaux se fixent largement sur les parois cellulaires, ce qui explique pourquoi une grande partie des métaux prélevés peuvent se retrouver dans les racines comme cela a été décrit pour le plomb, le cadmium ou le zinc (Morel, 1997 ; Lassât *et al.*, 2000).

Cependant, le prélèvement et l'accumulation des ETM diffèrent largement selon le génotype de la plante et en relation avec la concentration externe en ETM. En effet, chez certaines espèces la translocation d'éléments traces est plus importante que chez d'autres, pouvant conduire à une véritable accumulation des éléments métalliques dans les parties aériennes. Ces plantes sont alors qualifiées d'accumulatrices et présentent grandes quantités d'ETM dans leurs tissus même lorsqu'ils sont faiblement concentrés dans l'environnement extérieur. Parmi ces plantes, certaines le sont pour un élément spécifique et d'autres ont tendance à accumuler plusieurs éléments; par exemple, *arabisé paniculata* est capable de stocker le Zn, le Cd et le Pb (Tang *et al.*, 2009).

### 3. Le phénomène d'accumulation des métaux lourds dans les végétaux et les mécanismes d'endurance

Certaines plantes se caractérisent par l'absorption de certains éléments du milieu dans lequel elles poussent et leur accumulation à l'intérieur d'elles en quantités supérieures à leurs quantités dans le milieu dans lequel elles poussent, c'est ce qu'on appelle le phénomène d'accumulation (accumulation) où les symptômes de toxicité n'apparaissent pas sur la plante, et pour éviter des effets nocifs certaines plantes ont développé différents mécanismes pour réguler l'absorption des nutriments. Et la répartition de ces éléments pour prévenir ou réduire leur toxicité (Hossner *et al.*, 1998). Certaines plantes fixent des éléments toxiques aux parois cellulaires des racines et des feuilles loin des sites sensibles à l'intérieur de la cellule ou les stocker dans une chambre (vésicule) (Memon *et al.* 2001), ou installer des éléments lourds dans une zone Les racines ou une faible transmissibilité aux feuilles est la résistance la plus courante caractéristique de la plupart des espèces végétales (Pulford and Watson., 2003). Les plantes sont classées en fonction de leur réponse aux métaux lourds (Shah *et al.*, 2009 ; Lal. 2010 ; Jadia et Fulekar., 2008) à :

#### 3.1. Plantes inhibitrices (Metalexcluders)

Qui empêchent l'absorption des minéraux et leur transfert vers les parties aériennes ou les maintiennent à une concentration faible et constante dans le sol en les retenant dans leurs racines et sont appelées plantes exclues (Bech *et al.*, 2012).

#### 3.2. Plantes fonctionnelles (indicateurs métalliques)

Ce sont eux qui accumulent les minéraux dans leurs différents tissus d'une manière similaire à leur concentration dans l'environnement. Les plantes sont appelées bio indicateurs, et ce type représente les plantes de cultures agricoles (Bech *et al.*, 2012).

#### 3.3. Plantes accumulatrices(Accumulators)

Sont celles qui accumulent les éléments dans leurs parties aériennes en grande quantité et bien plus que celles du milieu environnant. Les plantes sont dites bioaccumulatrices, et elles comprennent de nombreux types de la famille (brassicacées) et (composées)(Bech *et al.*, 2012).Selon ce qui a été mentionné dans (Thangavel et Subbhuraam, 2004), les plantes accumulées ont été divisées en trois types selon l'accumulation d'éléments dans les parties de la plante :

La plus grande accumulation dans les racines et les tiges Fe, Cd, Al, Pb, Cu

Accumulation plus dans les branches (racines / feuilles) Sn, Ag, V

Répartition uniforme dans les racines/brindilles pour Mn, Ni

## Chapitre I : la bioaccumulation des métaux par les végétaux

---

Selon ce qui a été mentionné dans (Jiang *et al.*, 2004), il existe plusieurs hypothèses de base sur le rôle et le bénéfice du phénomène d'accumulation dans les plantes, qui est une méthode de défense immédiate pour prévenir les herbivores et les pathogènes et, une méthode compétitive contre d'autres types de plantes où l'accumulation d'éléments autour d'eux qui sont toxiques pour les autres

### 4. L'absorption des métaux lourds par les plantes

Parmi l'ensemble des métaux lourds, une vingtaine d'entre eux sont indispensables aux processus physiologiques majeurs, en particulier la respiration, la photosynthèse ou l'assimilation des macronutriments (e.g. azote, soufre... ; Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Nombre de ces métaux, Cu, Zn, Ni, Fe, Co, Se et Ba sont aussi impliqués au niveau de processus moléculaires tels que le contrôle de l'expression des gènes ; la biosynthèse des protéines, des acides nucléiques, des substances de croissance, de la chlorophylle et des métabolites secondaires ; le métabolisme lipidique ou la tolérance au stress (Rengel, 1999). En outre, certains éléments trace peuvent se présenter sous différents états d'oxydation (e.g.  $\text{Cu}^{+2} + e^- \text{Cu}^+$ ). Ils jouent ainsi un rôle d'accepteurs ou de donneurs d'électrons, très important dans les multiples systèmes enzymatiques mettant en jeu des réactions d'oxydoréduction (Chaignon, 2001). Pour autant, les métaux lourds n'ont pas tous une fonction connue à ce jour dans le métabolisme de la plante, et malgré la grande diversité des besoins et des niveaux de tolérance aux métaux lourds chez les plantes, certains restent considérés comme des poisons cellulaires pour lesquels les doses admissibles sont très faibles. On retrouve parmi les plus toxiques, Hg, Cr, Ni, Pb et Cd (Kabata-Pendias et Pendias, 2001).

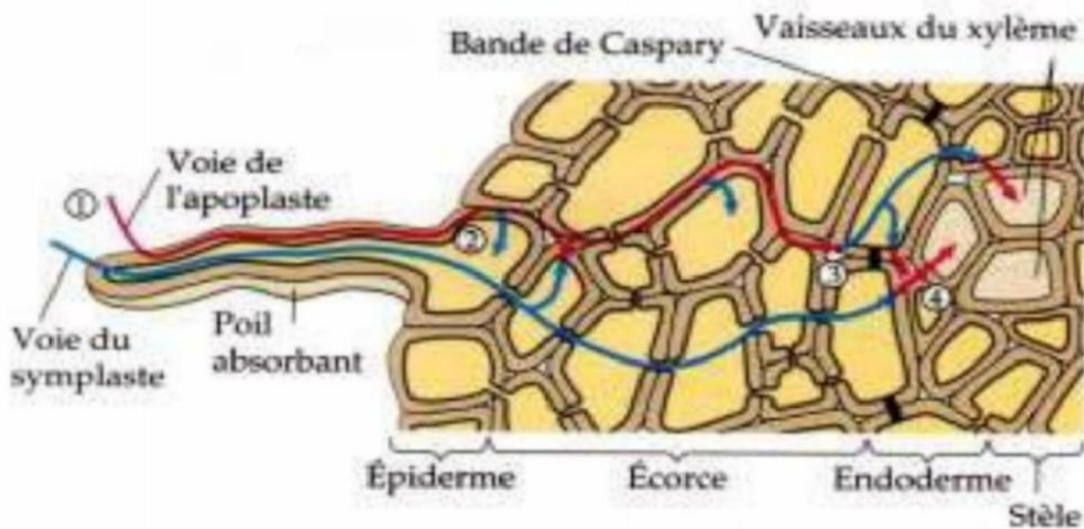
#### 4.1. Absorption racinaire

La voie principale d'absorption des métaux se fait par simple diffusion au travers de l'apoplaste du cortex racinaire et de l'endoderme (voie apoplastique). Le transport des éléments métalliques à travers la paroi cellulaire se fait passivement (non métabolique et donc dans le sens du gradient de concentration) par les pores du réseau de la cellulose, de l'hémicellulose et des glycoprotéines. Cependant, une partie des ions peut être adsorbés par les charges négatives de surface de l'acide polygalacturonique des pectines, qui agissent comme des échangeurs d'ions (Briat et Lebrun, 1999). Puis au niveau de l'endoderme, le transport peut devenir actif au niveau de la membrane plasmique des cellules de la bande de Caspary (voie symplastique), autorisant cette fois un transfert contre le gradient de concentration. Cependant, les mécanismes exacts de l'absorption sont encore mal connus, en particulier pour certains éléments comme le Cu (Greger, 1999 ; Chaignon, 2001), et différent

## Chapitre I : la bioaccumulation des métaux par les végétaux

selon l'espèce métallique. On considère de nos jours que le plomb et le nickel sont absorbés passivement via certaines protéines de type porine, alors que le zinc et le cuivre sont absorbés activement par une protéine de transport sélective, nécessitant de l'énergie (Kabata-Pendias et Pendias, 2001).

Par ailleurs, bien que le transport actif soit en principe spécifique, certains cations toxiques (Cs (césium), Cd, Pb ou Cr) sont des compétiteurs potentiels vis-à-vis des cations essentiels. Par exemple, le cadmium semble être un compétiteur connu du calcium en empruntant les canaux calciques membranaires (Sanita di Toppi and Gabbriellini, 1999; Greger, 1999). 70% du Cd entrerait dans la racine par ce biais là (Greger, 1999). Une partie des métaux apoplastiques peut donc rejoindre la voie symplastique puis le xylème par les plasmodesmes.



**Figure 2.** Coupe d'une racine (ADEME, 1990)

### 4.2. Translocation

Après leur absorption, le transport des éléments dans le xylème de la plante vers les parties aériennes, appelé « translocation », peut nécessiter ou non la prise en charge des éléments par des agents complexants, tels que les acides organiques, les acides aminés et divers peptides : le fer est pris en charge par le citrate ; le zinc peut être transporté par un complexe anionique (Alloway, 1995).

Chez certaines espèces la translocation d'éléments toxiques est plus importante que chez d'autres, pouvant conduire à une accumulation des métaux dans les feuilles et les autres parties aériennes, sans que l'on sache avec rigueur si elle est due à un transport plus actif ou une absence d'immobilisation dans les racines (Foy et al., 1978). Le transport des éléments toxiques par le phloème est moins évident du fait que les cellules qui le constituent sont

## Chapitre I : la bioaccumulation des métaux par les végétaux

---

vivantes et forment un piège supplémentaire (Greger, 1999). Toutefois, chez certaines plantes, la nicotianamine, dérivée de la méthionine, pourrait être responsable du transport des métaux, Fe, Cu, Zn et Mn, dans la sève du phloème (Briat et Lebrun, 1999).

### 4.3. Accumulation

Certaines plantes accumulent des quantités inhabituelles d'éléments métalliques ; 100 mg/kg de matière sèche pour le Cd, 1000 mg/kg pour le Ni, le Cu, le Co ainsi que 10 000 mg/kg pour le Zn et le Mn. Ces espèces sont alors qualifiées de plante « hyperaccumulatrice » (e.g. *Alyssumbertolonii*, *Sebertiaacuminata*, *Silenecobalticola*, *Thlaspi caerulescens*, *Brassicapanus*, *Pterisvittata*) (Brooks, 1998). Ainsi, plus de 400 espèces hyperaccumulatrices sont recensées, dont plus de 300 pour le nickel et seulement une pour le cadmium. A part une possible résistance à la sécheresse et aux herbivores (Boyd, 1998), il est encore impossible d'attribuer ce phénomène à un avantage sélectif quelconque. Dans la cellule, les métaux ayant pénétré dans le cytoplasme sont pris en charge par diverses molécules afin de les stocker ou d'éviter tout dommage cellulaire.

### 5. La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel Ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arsecenic (As) et du Titane (Ti). Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères. D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb). (CASAS, Stello.2005)

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

- Leur non-dégradabilité.
- leur toxicité à faible concentration.
- Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques (Crine, 1993).

La toxicité d'un élément métallique dans l'environnement dépend de sa forme chimique. L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux est leur pouvoir de former des complexes (Morgan et Stumm, 1991). La disponibilité et la toxicité dépendent de la concentration des

ions libres de l'élément, ainsi que de la concentration totale du métal ou de celle du complexe du métal (Sanders *et al.*, 1983).

### **6. L'effet des métaux lourds sur les plantes**

#### **6.1. Effet des métaux lourds sur la germination**

La germination est l'un des processus physiologiques les plus sensibles au stress (Miceli *et al.*, 2003). Les métaux lourds à fortes concentrations inhibent les différentes étapes de la plante, de la germination des graines à la croissance et au développement des plantes en perturbant les processus biochimiques et physiologiques tels que la destruction des membranes, l'altération de la synthèse des protéines, la distorsion du système de photosynthèse et l'inactivation des enzymes (Vijayaragavan *et al.*, 2011). De métaux lourds, en particulier le cuivre, conduit à réduire le taux de germination, car il stimule la

Mobilisation de la biomasse en libérant du glucose et du fructose et inhibant ainsi la dégradation de l'amidon et du saccharose dans les tissus de réserve en inhibant les activités des enzymes alpha-amylase et invertase, et donc son effet sur le métabolisme général et l'absorption d'eau (Ghosh et Sethy, 2013).

#### **6.2 L'effet des métaux lourds sur la croissance**

L'accumulation de métaux lourds dans les plantes affecte négativement l'absorption et le transport des éléments essentiels, et donc Un déséquilibre se produit dans le processus métabolique, qui à son tour affecte la croissance et la reproduction (Xu et Shi, 2000).

#### **6.3 Effet des métaux lourds sur la photosynthèse**

Les plantes exposées au stress des métaux lourds ont réduit leur taux de photosynthèse ; calendrier Déformation des chloroplastes, déficience en chlorophylle, obstruction du transfert d'électrons, activités inhibitrices Enzymes du cycle de Calvin, ainsi qu'une diminution de la fixation du dioxyde de carbone due à la fermeture du croisement (Sharma et Dubey, 2005), la montée des ions de métaux lourds affecte également la fonction des deux photosystèmes PSI et PSII, ce dernier était le plus touché (Yang *et al.*, 1989).



*Chapitre II :*  
*Matériels et méthodes*

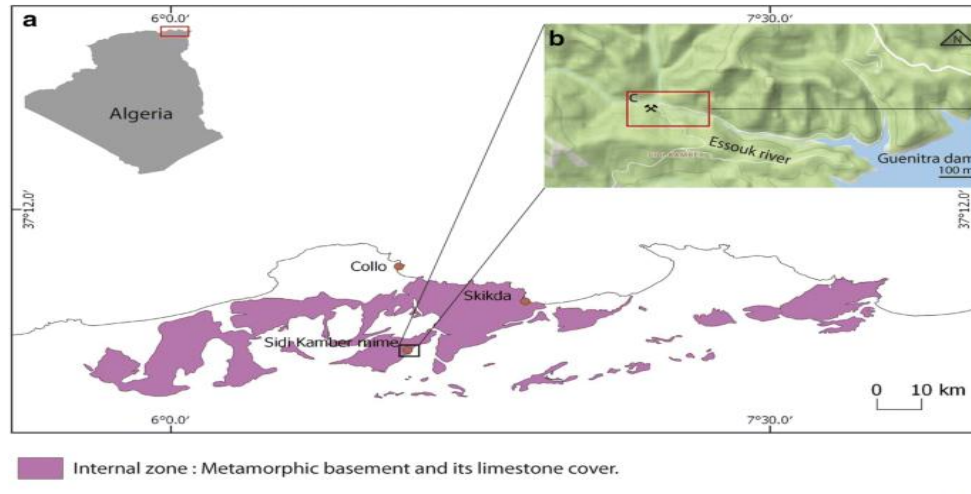
### 1. Présentation de la zone d'étude

#### 1.1. La mine de Sidi Kamar

La mine de Sidi Kamar (zinc-plomb-baryum) qui couvre 3 km<sup>2</sup> est située sur le littoral méditerranéen de l'Algérie. Le site minier est située dans le sous-bassin versant de Oued Essouk, qui alimente le barrage de Guenitra .les effluent provenant de la mine de Sidi Kamar pourraient affecter la qualité de l'eau du barrage de Guenita (Boukhalifa et Chagier, 2012). Elle possible une longue histoire minière qui commence à l'époque Romaine. En 1978 le gisement à été le nouveau découvert .Les travaux d'exploitation moderne ont débuté en 1890 aux filons Dar el Hanout, avec une production très faible. C'est à partir de 1913, que son L'exploitation est devenu régulière (Fischesser et Dupuis-Tate, 2003). L'exploitation du gisement de plomb et zinc est arrêtée en 1976, depuis, de la baryte est exploité à ciel ouvert jusqu'à 1984, date de fermeture de la mine (centre d'information topographique, 2004).

#### 1.2. Oued Essouk

Oued Essouk, se situe dans le nord est Algérie à moine de 30 km à vol d'oiseau de la côte méditerranéenne entre les villes de Skikda et Constantine (centre d'information topographique, 2004 ; Brunet, 1993) et la parcoure de la zone minière de Sidi Kamar. C'est un des Oueds qui alimentent le barrage de Gunitera.



## Chapitre II: Matériels et méthodes

### 2. Climat et végétation

#### 2.1. Le climat

##### 2.1.1. Les variations moyennes mensuelles de la précipitation

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydroclimatologie, car elle permet de décrire le régime d'écoulement. La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations sur une période de 8 ans (2014-2022) montre que le mois de janvier est le plus pluvieux, avec une moyennes mensuelles de 94.85 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec avec une moyennes mensuelles 3.37 mm.

**Tableau 1.** Les moyennes mensuelles de la précipitation de la station d'Oum Toub (2014-2022).

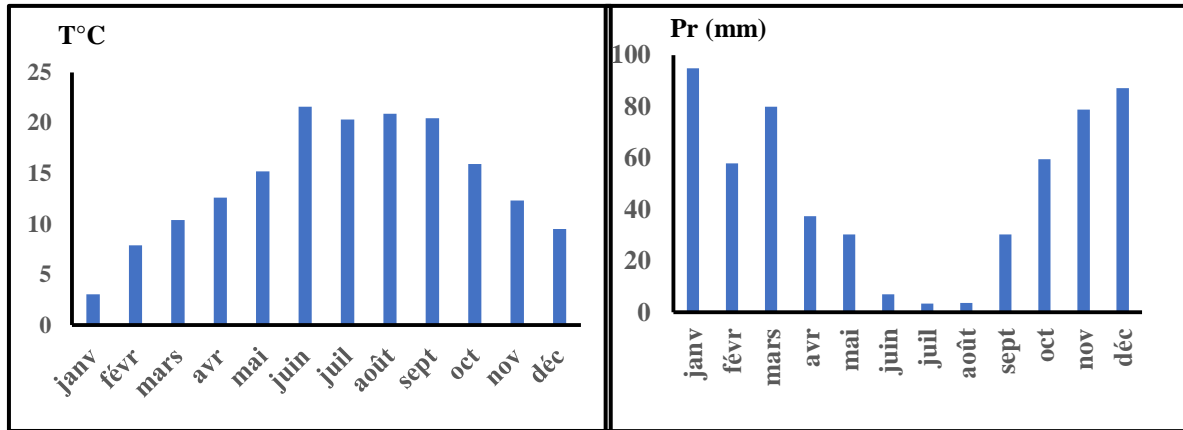
Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Moyenne	94.85	57.96	79.96	37.35	30.22	7.03	3.37	3.62	30.31	59.58	78.82	87.18

##### 2.1.2. Variations de la température moyenne mensuelle

L'analyse de la courbe de variation de la température moyenne sur une période de 8 ans (2014-2022) montre que les valeurs les plus élevées sont observées pendant l'été (Mai-Septembre) avec des températures allant de 15.21 à 20.48C. Les valeurs les plus basses varient de 9.5 à 12.61C, sont observées durant la période hivernal (décembre-avril), avec un minimum pendant le mois de janvier (3.05C).

**Tableau 2.** Les moyennes mensuelles de la température de station d'Oum Toub-Sidi Kamber (2014-2022).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Moyenne	3.05	7.89	10.41	12.61	15.21	21.6	20.34	20.9	20.48	15.95	12.33	9.5

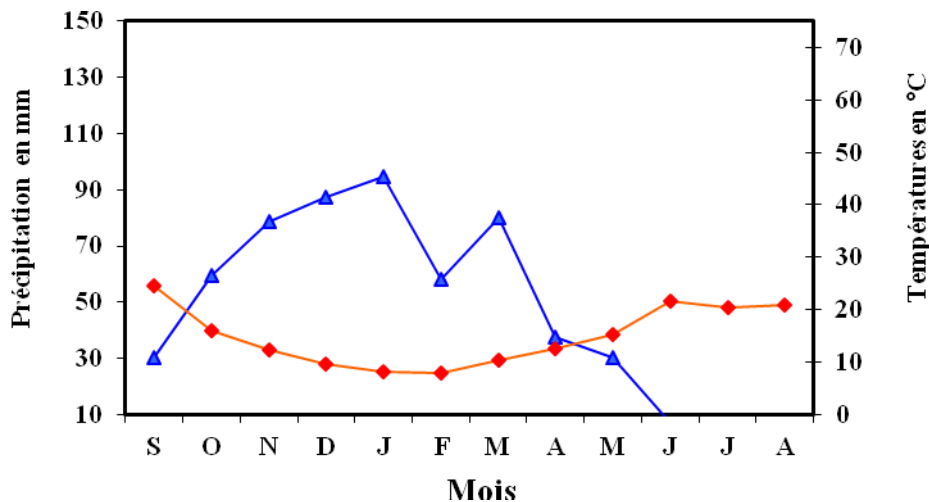


**Figure 4.** Variations moyennes mensuelles des données climatiques (T°C et P en mm) de la station d'OumToub Skikda pour la période (2014-2022)

### 2.1.3. Diagramme Ombro-Thermique de GAUSSEN

Selon Gausson (1953) un mois est dit sec si le total mensuel des précipitations exprimés en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degrés centigrades cette formule  $(P \geq 2T)$  permet de construire des diagrammes ombro-thermiques traduisant sèche d'après les intersections des deux courbes (température et précipitation).

Le diagramme de Gausse permet de mettre en évidence une saison humides débutant du mois de septembre et qui termine au mois de mai et une saison sèche qui s'étale du mois de mai jusqu'au mois août.



**Figure 5.** Diagramme Ombro-Thermique de la station d'Oum-Toub (2014-2022)

### 3. Matériels végétales

Des échantillons d'espèces des plantes, les plus abondantes du secteur ont été également prélevées. Au cours de ce travail, 2 herbiers ont été choisis (*Cynodondactylon*, *Menthasuaveolens*), comportant une collection de plantes repérées dans le site minier. Ces plantes, une fois identifiées (par Madame Sakhraoui Nora), constituent un matériel indispensable à la typification du milieu.

#### 3.1. Description botanique du genre *Cynodondactylon*

*Cynodondactylon (L) Pers (Chiendent)*: *Cynodondactylon* (Bermuda Grass) est une graminée vivace distribuée partout dans le monde et surtout il est originaire des régions tropicales et tempérées chaudes. La plante est riche en métabolites, notamment protéines, glucides, minéraux, flavonoïdes, caroténoïdes. Alcaloïdes, glucosides et triterpenoïdes. La plante du *C. Dactylon* conserve plusieurs activités biologiques comme antibactérienne, anti microbienne, antivirales et elle a d'autres propriétés, elle a été largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter des affections variées tels que la toux, maux de tête, diarrhée, crampes, l'épilepsie, hydropisie, dysenterie, hémorragie, hypertension, hystérie, la rougeole, morsure de serpent, plaies, les tumeurs et les verrues (Marston et Hostettman, 2006).



**Figure 6.** Chien-dent (*Cynodondactylon*)

#### 3.1.2. Description

C'est une plante vivace à rhizome longuement rampant sur la surface du sol environ le 20m de longueur, elle est très ramifiée portant de nombreuses feuilles dressées à longue gaine entourant la tige et a limbe aplatie 2,5\_20cm de longueur (Szent-Gyorgyi et Rasznyak, 1936). L'inflorescence composée de 2 à 6 épis digités, droits, purpurins ou verts à rachis villosus au moins à la base, disposés sur deux rangs serrés, en épis paraissant dentée 50 mm de longueur au plus, la période de la floraison s'étend du moins février jusqu'en (2,3).

#### 3.1.3. Classification d'espèce

D'après la bibliographie on peut noter la classification suivante (Mabry *et al.*, 1970) :

- Gamme : eucaryotes
- Règne : plante
- Direction : les plantes terrestres
- Section : plantes vasculaire
- Division : Spermatophytes
- Classe : Cotylédonées
- Sous-classe : Commelinidées
- Ordre : Glumiflores
- Famille : Graminées
- Gent : Cynodon
- Espèce : Cynodondactylon

### 3.2. Description Botanique du genre *Menthasuaveolens*

Cette espèce a longtemps été connue sous le nom de *M. rotundifolia* (L) Huds. (Harley et Brighton, 1977) elle est apparue la première fois dans le *Species Plantarum* (1753) de Linné, comme une variété de *M. spicata* (Harley, 1972). Trois synonymes sont trouvés dans la littérature de 1753 à nos jours, *M. macrostachya* T'en, *M. rotundifolia* (L) Huds, *M. rotundifolia* auct...non (L) Huds. Cette menthe colonise les lieux humides le long des fossés, et le bord des chemins.

*Menthasuaveolens* L est principalement une plante de plaine de la région méditerranéenne, de l'Afrique du Nord, mais aussi de l'Europe de l'ouest et de l'Europe centrale. *Menthasuaveolens* L est une menthe vivace à tiges dressées, fermes, tétragones, rameuses au sommet, à rameaux courts, étalés. Les feuilles sont épaisses, arrondies, vertes et pubescentes au-dessus, blanches et tomenteuses en dessous.

Les fleurs sont blanches ou roses, en glomérules nombreux, disposés eux-mêmes en épis terminaux allongés, grêles, cylindrique, compactes. L'inflorescence est de type spicaté. Le calice est hérissé de poils blancs. La corolle est glabre en dedans, hérissés en dehors. Les étamines sont saillantes et les fruits lisses. *Menthasuaveolens* L présente la diversité morphologique la plus faible de toutes les espèces de la section *Mentha*. Le nombre de chromosomes de cette espèce est de 24 (Harley et Brighton, 1977).



**Figure 7 : MenthaSuaveolens**

### **3.2.1. Classification d'espèce**

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Lamiales
- Famille : Lamiaceae
- Genre : Mentha

### **4. Préparation des échantillons**

Nous avons nettoyé les plantes du sol et les avons mises dans l'appareil de Etuve à une température de 52 C° pendant 4 jours, et après avoir remarqué le changement de couleur des plantes et grâce qu'elle soient devenues vertes claires et devenues écrasables ,Nous les avons prises hors de l'appareil. Nous avons séparé la racine des feuilles et les avons bien broyées jusqu'à ce qu'elles deviennent des sac spéciales pour démarrer le processus d'application dessus et pour détecter le zinc, le fer, et le plomb , et leur quantité dans chaque plantes (feuilles).

### **5. Méthodes de dosage des métaux**

Pour ma libéralisation des métaux lourds, nous avons utilisé la méthode de faire réagir 0,5 g de l'échantillon avec 6 ml de HCl puis ajouter 2 ml de HNO<sub>3</sub>, laisser en contact pandanus une nuit, puis chauffer dans un plaque chauffante pendant 70 h à une température de 100 C° après refroidissement on ajoute l'eau distillée dans la fiole jusqu'à 50 ml et en afin filtrer et doser la solution.

## Chapitre II: Matériels et méthodes

---

- **Le Zinc**

A pH 8,5-7,5 les ions zinc forment avec le zincon un complexe bleu, les échantillons acides alcalins et tomporrés doivent être ajustés à pH 9 avant la détermination.

Norme de la Méthode : APHA 3500-Zn. F.

- **Le Fer**

Les ions Fer donner par réaction avec dérivé de la triazime une coloration violette. Les ions fer sont réduits et ainsi déterminés.

- **Le plomb**

Les ions plomb forment avec la dithizone à pH 7-9 en présentant de cyarure un dithizonate de plomb primaire qui extrait par du tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane) donne une coloration rose-rouge sensible.

Norme de la méthode : spectrophotométrie méthode à la dithizone.



*Chapitre III :*  
*Résultats et discussion*

### 1. La bioaccumulation chez *Cynodondactylon*

#### 1.1. Le Zinc (Zn)

Le zinc est un élément chimique relativement abondant. Il représente 0,004 % de la croûte terrestre (Canada, 2016). Sa teneur moyenne dans la croûte terrestre varie entre 70 et 132 mg/kg (Baize, 1997). C'est un oligo-élément essentiel intervenant notamment dans le développement cellulaire et présent dans près de 200 enzymes (Canada, 2016).

A travers les résultats des analyses présentés dans la figure(8), on constate que la concentration en zinc varie dans les parties de la plante *Cynodondactylon* (feuilles - racines), où ce pourcentage enregistre une concentration de 19 mg/kg dans les feuilles, tandis que les racines enregistrées 18,2 mg/kg. Ces résultats ne dépassent pas la norme de concentration maximale recommandée [100-400 mg/kg ].

A travers les résultats, nous avons remarqué un écart entre la concentration de zinc dans les racines et les feuilles, où la plus grande concentration était dans les feuilles par rapport aux racines, et cela indique l'accumulation de ce minéral dans les feuilles.

Le mouvement du zinc des racines aux parties aériennes à travers le xylème par circulation de sève brute (Marcato, 2007). Le zinc est transporté à travers les vaisseaux du xylème par un médiateur symplastes et apoplasts. Les quantités d'élément transférées aux parties aériennes sont fonction de l'élément chimique mais dépendent également de la plante ou de l'organe considéré ainsi que des conditions naturelles.

#### 1.2. Le plomb (Pb)

Le plomb est un métal lourd naturellement abondant dans la croûte terrestre, qui compte parmi les métaux lourds en raison de sa forte densité (Hegger *et al.*, 2009). C'est un métal dont l'extraction et l'utilisation remonte à la plus haute antiquité (Rapp, 2009; Schlesing et Paunovic, 2011). Il vient du latin plumbum signifie liquide argenté, de symbole Pb (Gupta, 2011). C'est un métal gris bleuâtre (Nachtergal, 1988), brillant, très mou, malléable et flexible, qui se ternit sur exposition à l'air (Berkowitz *et al.*, 2008), a de multiple composés (Rescond, 2010), c'est l'un des métaux les plus ductiles et les plus malléables (Bauer, 2002).

A travers la figure (8), nous remarquons que la concentration en plomb dans la plante *Cynodondactylon* varie selon les différentes parties de la plante (racines - feuilles), où nous avons enregistré une concentration de 2,95 mg/kg dans les feuilles et de 4,1 mg/kg dans les racines. Ces résultats ne dépassent pas la norme de concentration maximale recommandée [30-300 mg/kg ].

Nous avons remarqué à travers les résultats que la plus grande concentration enregistrée dans les racines par rapport aux feuilles, ce qui représente presque le double de sa concentration

## Chapitre III: Résultats et discussion

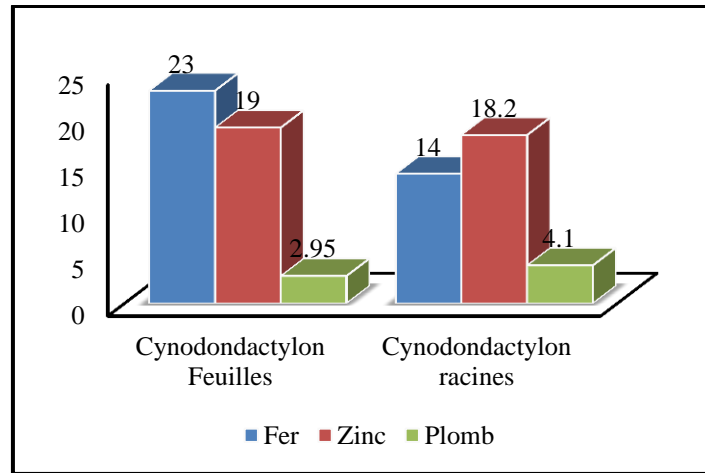
---

dans les feuilles, et cela humilie l'accumulation de cet élément dans les racines et son incapacité à se déplacer fortement vers les feuilles.

Le plomb se transmet plus facilement du fossé contaminé par du plomb provenant de sources organiques telles que la fonte et l'exploitation minière des métaux aux plantes qui y poussent que le fossé contaminé par du plomb provenant de sources d'égouts. D'autres facteurs affectent l'absorption du plomb par les plantes à partir du sol, tels que les caractéristiques du sol et le type de plante. Le pH de l'épiploon mère est l'un des facteurs les plus importants affectant la dissolution du plomb dans l'épiploon et, par conséquent, la biodisponibilité du plomb dans la plante.

### 1.3. Le Fer (Fe)

Il ne présente pas de toxicité directe pour les êtres vivants (Gaujous, 1995). C'est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants, intervient dans les constitutions des molécules d'hémoglobine, des hématies et des myoglobines des muscles. Il joue un rôle important dans les processus d'oxydoréduction cellulaire, comme constituant de systèmes électro actifs dans les pigments respiratoires des vertébrés (Nizamov, 1976). A travers les résultats des analyses présentés sur la figure (8), on constate que la concentration en fer varie entre les racines et les feuilles du *Cynodactylon*, où cette plante a enregistré une concentration de 23 mg/kg dans les feuilles et de 14 mg/kg dans les racines. Ces résultats ne dépassent la norme de concentration maximale recommandée [6-110 mg/kg]. A travers les résultats, nous avons remarqué un écart dans la concentration de ce minéral, car sa concentration dans les feuilles était supérieure à celle des racines, ce qui indique l'accumulation de ce minéral dans les feuilles, bien qu'il soit le moindre des éléments capables de se déplacer à l'intérieur de la plante. Il entre dans la composition du cytochrome, il joue donc un rôle clé dans la respiration, en plus de cela, il aide à convertir l'azote dissous dans les feuilles en une protéine. Cette protéine a un grand rôle dans la protection de la chlorophylle contre les rayons intenses du soleil.



**Figure 8.** Valeurs moyennes des concentrations de zinc, de fer et de plomb dans les feuilles et les racines de la plante *Cynodondactylon*

## 2. La bioaccumulation chez *Menthasuaveolens*

### 2.1. Le Zinc (Zn)

A travers les résultats de l'analyse présentés sur la figure (9) pour la plante *Mentha*, on constate que la concentration en zinc varie dans les parties de la plante (racines/feuilles), où la concentration en zinc dans les feuilles atteint 54,4 mg/kg, alors que dans les racines nous avons enregistré 110,4 mg/kg. Ces résultats ne dépassent pas la norme de concentration maximale recommandée [100-400mg/kg].

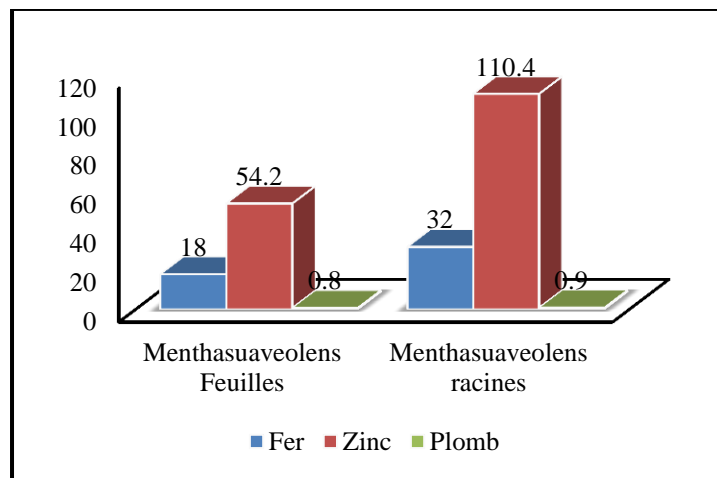
En comparant ces résultats, nous avons remarqué que la concentration de zinc est plus élevée dans les racines que dans les feuilles, ce qui indique que l'élément zinc s'accumule en grande proportion dans les racines. L'absorption du zinc par des plantes a été rapportée comme linéaire avec sa concentration dans le sol c'est-à-dire l'absorption du Zn augmente avec l'augmentation de sa concentration dans le sol (liend et colinet, 2018) les plantes ayant possédé dans un sol contaminé par du zinc accumulent du métal dans les racines ( kabata-pendias et pendias, 1992 )

### 2.2. Le Plomb (Pb)

A travers les résultats des analyses présentés sur la figure (9) de la plante, on constate que la concentration en plomb varie selon les différentes parties de la plante (feuilles - racines), là où la concentration en plomb dans les feuilles était de 0,80 mg/kg., alors que dans les racines 0,90 mg/kg. ces résultats ne dépassaient pas la norme de concentration maximale [30-300mg/kg]. En comparant ces résultats, nous avons remarqué que la concentration de plomb est plus importante dans les racines que dans les feuilles, ce qui indique que le plomb est un élément à absorption lente car il s'accumule en grande proportion dans les racines.

### 2.3. Le Fer (Fe)

A travers les résultats des analyses présentés sur la Figure (9), on constate que la concentration en fer dans la plante varie selon les différentes parties de la plante (racines - feuilles), puisque sa concentration dans les feuilles atteint 18 mg/kg. et 32 mg/kg dans les racines. Ces résultats ne dépassent pas la norme de concentration maximale recommandée [6-110mg/kg]. A travers ces résultats, nous avons remarqué que la concentration de fer est plus importante dans les racines que dans les feuilles, ce qui explique que l'élément fer est l'un des éléments les moins aptes à se déplacer à l'intérieur de la plante, il s'accumule donc en grande proportion dans les racines.



**Figure 9.** Valeurs moyennes des concentrations de zinc, de fer et de plomb dans les feuilles et les racines de la plante *Menthasuaveolens*



*Conclusion*

## Conclusion et perspectives

---

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet des éléments traces métalliques sur le couvert végétal et d'évaluer les capacités de certaines plantes susceptibles d'extraire des métaux lourds. Tout processus minier qui implique inévitablement une modification du milieu naturel, car la teneur en substances toxiques le rend susceptible de laisser des polluants chimiques dans le sol, les eaux de surface ou souterraines, ou la diversité biologique, tous menacés par des perturbations affectant négativement les écosystèmes. La mine de Sidi kamar a une longue histoire d'exploitation minière qui a commencé à l'ère numide en 1879 et s'est poursuivie jusqu'à l'arrêt de la production de plomb et de zinc en 1976 et pour étudier le mécanisme de transfert de ces éléments minéraux du sol à la plante, on a choisi deux plantes, *Cynodondactylon* et *Mentha suaveolens*. Ces plantes, qui ont ensuite été identifiées, ont montré qu'elles contenaient des niveaux variables de plomb, de zinc et de fer dans les différentes parties de la plante (feuilles et racines) en procédant à une analyse comparative du contenu de ces éléments dans les racines et les feuilles de ces échantillons.

L'accumulation de Fe, de Pb et de Zn dans le système racinaire du *Mentha suaveolens* est beaucoup plus élevé que dans le système foliaire (partie supérieure) et il est considéré comme une barrière pour la translocation de transfert du Zn, Fe et du Pb aux feuilles, D'autre part, la présence de Zn et de Fe dans le système foliaire de la plante *Cynodondactylon* était bien beaucoup plus élevé que dans le système racinaire, car elle a la capacité de transporter ces minéraux vers les feuilles, où le Pb est un composant qui a une barrière au transfert vers les feuilles de cette plante.

Les plantes peuvent absorber du Pb, Fe et Zn à partir des racines, mais également à partir des organes aériens, ou bien par l'intermédiaire des deux. Les quantités des métaux absorbées par les racines dépendent de la concentration des métaux dans la solution du sol, mais également de ses capacités de migration du sol vers la surface des racines. Ensuite, la quantité de Pb, Fe et Zn présentes dans les divers organes des plantes dépend du transport de l'extérieur des racines vers l'intérieur, puis de sa translocation des racines vers les feuilles. Le niveau d'accumulation du métal varie dans les différents organes des plantes.

Les résultats de l'étude ont montré que les plantes étudiées contenaient des métaux lourds à différentes concentrations qui se situent dans les niveaux naturels et les limites de toxicité spécifiés et ne dépassaient pas le norme de concentration maximale recommandée Plomb. Ces résultats permettront le démarrage de mesures préventives pour protéger les plantes de la région de Sidi Kamar par :

- Suivi dans la réalisation de telles études dans divers secteurs à proximité des mines et des établissements industriels.

## Conclusion et perspectives

---

- Traitement par des plantes comme la seule pour extraire les métaux lourds.
- Utilisation de champignons pour métaboliser les polluants et accumuler les métaux lourds
- Il est recommandé de cultiver le *Mentha suaveolens*, en particulier dans les endroits à forte pollution en zinc, car les résultats ont prouvé qu'elle est un accumulateur de cet élément.
- Il est nécessaire de valoriser les espèces végétales naturelles hyperaccumulatrices de métaux lourds, rencontrées à proximité des mines, elles méritent d'être exploitées en vue de les utiliser pour la dépollution des sols par les approches de la phytoremediation.



## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

---

- ADEME, 1990. Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues.
- Alloway B.J., 1995. Soil processes and the behaviour of heavy metals. In: Alloway, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. Chapman & Hall, London, pp. 11-35.
- Baize D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). (INRA, Ed.). Paris.
- Bauer X., 2002. Le plomb en application externe : usages, mésusages et dangers. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré. Nancy faculté de médecine. 123p.
- Besh J., Duram P., Roca N., Poma W., Savghes I., Barcelo J., Boluda R., Roca Pérez L. et Posherider C. 2012. Shoot accumulation of several trace element in native plant species from contaminated soils in the Peruvian Andes, *Journal of geochemical exploration*. 113, 16-111.
- Bondada B.R. et Ma Q.L., 2003. Tolerance of Heavy Metals in Vascular Plants: Arsenic Hyperaccumulation by Chinese Brake Fern (*Pteris vittata* L.). S. Chandara & M. Srivastava (eds.), *Pteridology in the New Millennium*, 397-420. 21 Brooks, R.R., 1998. Biogeochemistry and hyperaccumulators. In: Brooks, R.R. (Ed.). *Plants that hyperaccumulate heavy metals*. CABI Publishing, Wallingford, 95-118.
- Boukhalfa C. et Chagier M., 2012. Characterisation of sediments polluted by acid mine drainage in the northeast of Algeria. *Int J Sedim Res* 27(402);407- 415.
- Bourrelier P.H., Berthelin J., et Pédro, G. 1998. Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. (Tec & Doc Lavoisier, Ed.). Paris: Académie des sciences. Rapport 42.
- Boyd R.S., 1998. Hyperaccumulation as a plant defensive strategy. In: Brooks, R.R. (Ed.). *Plants that hyperaccumulate heavy metals*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 181-200.
- Briat J.F. et Lebrun M., 1999. Plant responses to metal toxicity. *Plant Biology and Pathology* 322, 43-54.
- Brunet B., 1993. Les mots de la géographie, dictionnaire critique, Collection Dynamiques des territoires, 3<sup>ème</sup> Édition, RECLUS, 518 p.
- Buranie D., 1996. Fleurs de méditerranée, éd Bordas collection L'oeil nature 287p.
- Cang L., Wang Q.Y., Zhou D.M. et Xu, H. 2011. Effects of Electrokinetic-assisted Phytoremediation of a Multiple-Metal Contaminated Soil on Metal Bioavailability and Uptake by Indian mustard. *Separation and Purification Technology*. 79, 246-253.
- Centre d'information topographique, 2004. Norme et catalogue de la Base de données Géospatiale (BDG). Ressources naturelles Canada, Géomatique Canada, Sherbrooke. 50 p.

## Références bibliographiques

---

- Chaignon V., 2001. Biodisponibilité du cuivre dans la rhizosphère de différentes plantes cultivées. Cas de sols viticoles contaminés par des fongicides. Thèse : Ecole doctorale, Sciences de l'Environnement : Système Terre, Université d'Aix-Marseille.
- Choukri IS. 1994. Les plantes fleuri leur activités, évolution et classification. Egypte pp 207-233.
- Duke JA. 1983. Handbook of Energy Crops. (unpublished). Purdue University. Centre for New Crops and Plants Products, West Lafayette, Indiana 1-5p.
- Evlard A. 2013. Le potentiel du saule pour la phytostabilisation des sols pollués par les élémentstraces métalliques. Université de Liège
- Fischesser B., Dupuis- Tate M. F., 2003. Rivières et Paysages. Édition de la Martinière, Paris, 343 p.
- Foy CD., Chaney RL. Et White MC., 1978. The Physiology of metal toxicity in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 29, 511-566.
- Garbisu C. et Alkorta I., 2003. Basic Concepts on Heavy Metal Soil Bioremediation. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection. Vol 3.No.1. 1303-0868, 58-66.
- Gisbert C., Ros R., Haro AD., Walker DJ., Bernal MP., Serrano R. et Avino JN. 2003. A Plant Genetically Modified tgat Accumulators Pb is Esoecially Promoising for Phytoremediation. Biochemical and Biophysical Research Communications. 303, 440-445.
- Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques. ed Tec et Doc. Paris 196p
- Greger M., 1999. Metal availability and bioconcentration in plants. In: Prasad, M.N.V. & Hagemayer, J. (Eds.). Heavy metal stress in plants: From molecules to ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-27.
- Gupta RC., 2011. Reproductive and developmental toxicology. Academic press. USA. 1222 p.
- Harley RM., 1972. Notes on the genus Mentha (Labiatae) Botanical Journal of the Linnean Society 65; 250-253.
- Harley RM. et Brighton N., 1977. Chromosome numbers in the genus Mentha L., Botanical Journal of thé Linnean Society 74;71-96.
- Heck JP. 1977. La pollution des nappes aquifères : Enquête relative à la pollution éventuelle de la nappe aquifère contenue dans les craies du Plateau de la Hesbaye par les pratiques agricoles et les eaux de ruissellement des autoroutes. (Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Service de la Science du Sol, Ed.). Gembloux.

## Références bibliographiques

---

- Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. et Rosenkranz T., 2009. Construire-atlas des matériaux. Presses polytechnique et universitaire romande. Suisse. 280p.
- Hossner LR. Ioeppert RH., Newton RJ. et Ezaniszlo PJ., 1998. Literature review: phytoaccumulation of chromium .uranium and plutonium in plant systemes .Amarillo national resource center for plutonium, 1, 51.
- Jadia CD et Fuleker MH., 1998. Phytoremediation of chromium .uranium and plutonium in plant systèmes .amarillo national resource center for plutonium, 1.51.
- Jiang L., Yang XE. et HE ZL., 2004. Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by *elsholtzia. splendens* chemosphere ,55, 1179-1187.
- Kabta-Pendias A. et Pendias H., 1992. Trace elements in soils and plants; and edition. CRC press, Boca Raton, 365 p.
- Kabata-Pendias A. et Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants. 3<sup>rd</sup> CRC Press, Boca Raton, London, New-York, Washington D.C.
- Kaliyapernumal A., Kumarakurubaran S. et Saradha DM., 2013. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Journal of Médicinal Plants Research Vol. 7(48), 3477-3483.
- Lal N., 2010. Molecular mechanisms and Genetic basis of heavy metal toxicity and tolerance in plants adaptation and phytoremediation springer science business media B .U.35-58.
- Liénard A. et Colinet G., 2018. Cadmium and zinc uptake by barley in contaminated soils of Belgium: Evaluation and prediction, 27,28p.
- Mahdjoub Y., Choukroune P. et Kienast JR., 1997. Kinematics of a complex Alpine segment super imposed tectonic and metamorphic events in the Petite kabylie Massif (northern Algeria). Bull soc géol Fr 168 :649-661.
- Masciandaro G., Macci C., Peruzzi E., Ceccanti B., et Doni S., 2013. Organic matter\_ microorganism- plant in soil bioremediation : a synergic approach, 399–419.  
<http://doi.org/10.1007/s11157-013-9313-3>
- Memon AR., Aktoprakligil D., Ozdemir A. et Veru A., 2001. heavy metal accumulation and detoxification mechanisms in plants .turk J .Bot 25, 111-121 .
- Miceli A., Moncada A. et Anna F., 2003. Effect of Water Salinity on Seeds.Germination of *Ocimum basilicum*L.,*Eruca sativa* L., and *Petroselinum hortense* Hoffm.International Symposium on Managing Greenhouse Crop in Saline Environment.
- Morel JL., 1997. Bioavailability of trace elements to terrestrial plants. - Chapter 6, In : pp 141-176,J. Tarradellas , G. Bitton and D.Rossel(eds), soil ecotoxicology, *Lewis publishers , CRC Press , Boca Raton , Fl.*
- Nachtergal C., 1988. Agenda du bâtiment, Boeck Supérieure. Bruxelles. 640 p.

## Références bibliographiques

---

- Nassima B., Mesbah L., Samira CH., Mustafa T. et Essaid L., 2009. Stress oxydant induit par la coexposition au plomb et au cadmium : deux contaminants des eaux souterraines de Oued Nil (Jijel-Algérie). *Revue des sciences de l'eau. Journal of water science.* 23 :3. 289-301.
- Nazir A., Malik RN., Ajaib M., Khan N. et Siddiqui MF. 2011. Hyperaccumulators of Heavy Metals of Industrial areas of Islamabad and Rawalpindi. *Pak.j.Bot*, 43(4), 1925-1933.
- Nizamov M., 1976. Hygienic evaluation of work conditions at the iron of round stone preparation plants.
- Pulford ID.,2003. Watson C phytoremediation of heavy metal .contamination land by trees Areview .*environmental international* 29. 529 \_540 .
- Rapp GR., 2009. *Archaeomineralogy.* ed Springer. USA. 348 p.
- Reflexions ULG. 2011. Les “éléments traces”, c’est quoi? Retrieved July 11, 2017, from [http://reflexions.ulg.ac.be/cms/c\\_40629/fr/les-elements-traces-cest-quoi](http://reflexions.ulg.ac.be/cms/c_40629/fr/les-elements-traces-cest-quoi)
- Rengel Z., 1999. Heavy Metals as Essential Nutrients. In: Prasad, M.N.V. & Hagemayer, J. (Eds.). *Heavy metal stress in plants: From molecules to ecosystems.* Springer-Verlag, Berlin, pp. 231-251.
- Robert M. et Juste C. 1999.Dynamique des éléments traces de l'écosystème sol. In Club CRIN Environnement et Ministère de l'environnement. *Spéciation des métaux dans le sol.* Paris : CRIN.
- Sanita Di Toppi L. et Gabbrielli R., 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany* 41, 105-130.
- Sethy SK., Ghosh SH., 2013. Effect of heavy metals on germination of seeds.*Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, Vol. 4. (2): 272.5.
- Shah S., Ahmad N., Masood KR. et Zahid DM. 2009. Effect of Mixed industrial waste water on Soil,Tree Biomass production and trace metal uptake. *Institute of Geology University of the PUNJAB, LAHORE– PAKISTAN*,1-119.
- Sharma P., et Dube Y., 2005. Lead toxicity in plants. *Braz, J. Plant Physiol* 17, 35.52.
- Thangavel P., Subburaam CV. 2004. Phytoextraction role of hyperaccumulators in metal contaminated soils .*proc .india ntn sci.acad* B70.no.1pp.2004.10-130.
- Tang Y.T., Qiu R.L., Zeng X.W., Ying R.R., Yu F.M. et Zhou XY., 2009. Lead, zinc, cadmium hyperaccumulation and growth stimulation in *Arabis paniculata* Franch. *Environ. Exp. Bot.* 66 126-134.

## Références bibliographiques

---

- Vijayaragavan M., Prabhar C., Sureshkumar J., Natarajan A., Vijayarengan P. Sharavanan S., 2011. Toxic effect of cadmium on seed germination, growth and biochemical contents of cowpea (*Vigna unguiculata* L) plants. *Int Multidisciplinary Res J*, Vol. 1. (5): 01.06.
- Xu Q., Sh G., 2000. The toxic effect of single Cd and interaction of Cd with Zn on some physiological index of [*Oenanthe javanica* (Blume) DC]. *J Nanjing Normal University (Natural Science)*, Vol. 23. (4): 97.100 (In Chinese with English abstract).
- Yang D., Xu C., Zhang F. 1989. Effects of Cd 2§ on the photosynthetic system II of chloroplast of spinach. *Acta Botanica Sinica*, Vol. 31. (9): 702.707(In Chinese with English abstract).
- Yang X., Feng Y., He Z. & Stoffella P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phyto remediation . *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 2005, 339-353.
- Zhang M. & Pu J. Mineral materials as feasible amendments to stabilize heavy metals in polluted urban soils. *Journal of Environmental Science*, 23(4), 2011, 607-615.



*Annexe*

## Annexe

---

Echantillons	Cynodondactylon Feuilles	Cynodondactylon Racines	Menthasuaveolens Feuilles	Menthasuaveolens Racines	Méthodes
Fer(Fe) mg/kg	23	14	18	32	méthode à la triazine.
Zinc(Zn) mg/kg	19	18.2	54.4	110.4	APHA 3500-Zn F
Plomb(Pb) mg/kg	2.95	4.1	0.80	0.90	Méthode à la Dithizone.