

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité Toxicologie industrielle et environnemental



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**L'évaluation des risques de
contamination en éléments traces
métalliques (Cu, Pb, Zn, Cd) dans la zone
agricole urbaine de Bejaia**

Présenté par :

SAMAH Massilia & DJAOU Lydia

Soutenu le : 29/09/2021

Devant le jury composé de :

M. HAMLAT

Mme. MANKOU. N

Mme. ZEBBOUDJ

Mme. SEBKHI. Z

Professeur

MCA

MAA

Ingénieur

Président

Encadreur

Examineur

Co-promotrice

Année universitaire : 2020 / 2021

Remerciement

Nous remercions d'abord « Dieu » le tout puissant qui nous a aidés et donné le courage, la patience et la santé au cours de notre travail, c'est grâce à lui qu'on a fait ce travail malgré tous les obstacles.

Nous tenons à remercier fortement nos chers parents qui sont toujours à nos côtés, nous devons également remercier notre encadreur M^{me} MANKOU NADIA qui a contribué à l'élaboration de ce modeste travail, avec ses conseils et ses critiques qui nous ont permis d'évoluer nos connaissances acquises et de les approfondir.

Nous remercions aussi tous les enseignants qui nous ont aidés à travers les informations fournies à la réalisation de notre recherche.

Nous tenons enfin à remercier infiniment toutes personnes ayant participé de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire sans oublier tous nos amis.

À vous tous on vous dit :

« MERCI »

Dédicace

Je dédie ce travail :

À ma très chère mère que j'aime beaucoup, je t'offre aujourd'hui cette pensée pour te confirmer toute l'importance que tu as rêvé à mes yeux, la place unique que tu occupes dans ma vie, aux sacrifices et aux maux que tu te donnes pour nous rendre heureux, je te souhaite une langue et heureuse vie avec nous ma chère maman.

Une douce pensée pour toi père, c'est une très grande chance pour moi de t'avoir comme père car tu as toujours été bienveillant et compréhensif envers nous. Tu mérites beaucoup plus que ces quelques mots. Je prie au bon Dieu de vous donner une très langue vie mes chers parents.

- ❖ À mes merveilleuses et chères sœurs : Lylia et Nawel.*
- ❖ À mon unique frère : Lotfi.*
- ❖ À mon grand-père paternelle "Vava Hanafi" ainsi que mes grands-parents maternelle "Vava Nafaa et Yemma Dahbia". Que dieu vous accueille dans son vaste paradis.*
- ❖ À ma Grand-mère " Yemma Fatima ", que dieu te protège et te garde.*
- ❖ À toute ma très grande famille et ma belle-famille que j'estime de son tout petit jusqu'à son plus grand, sans exception. ...*
- ❖ À mon cher binôme : Lydia*
- ❖ À mes chers enseignants qui m'ont soutenu*
- ❖ À tous ce qui m'ont aidée de près ou de loin.*

Enfin, je dédie ce travail à mon très cher mari Mohamed pour sa patience et son soutien, dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail. Tu as été et tu seras toujours mon soutien morale et source de joie et de bonheur.

Massyia Samah

Dédicace

Je dédie le fruit de mes études à tous ceux que j'ai de plus cher au monde, à vrais dire ni l'encre ni l'espace de cette feuille ne suffisent pour contenir mes remerciements.

À ma très chère maman, source inépuisable d'amour, en témoignage de ma reconnaissance de sa tendresse, sa patience et son soutien tout au long de mes études et celle qui m'a suivi de loin par ses prières. A mon très cher papa pour son sacrifice, sa confiance et sa présence auprès de moi dans les moments difficiles. Toutes les dédicaces du monde ne sauraient exprimer mon profond amour et ma vive gratitude. Que Dieu leur donne santé et longue vie.

- ❖ À mon cher et unique frère : Nassim.*
- ❖ À mes chers oncles et mes tantes ainsi que tous les membres de ma famille.*
- ❖ À mes chers cousins et cousine surtout Yasmine*
- ❖ À mes chères copines : Siham, Yasmina qui m'ont soutenue malgré la distance*
- ❖ À mes chers Grands-parents paternels et maternels, que Dieu ait leurs âmes*
- ❖ À ma grand-mère : Ounissa*
- ❖ À mon cher binôme : Massylia*
- ❖ À mes enseignants qui m'ont soutenu durant mon parcours universitaire*
- ❖ Enfin je dédie ce modeste travail à une personne très spéciale dans ma vie, qui m'a encouragé à avancer et qui a cru en moi, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.*

Lydia Djaou

Liste des abréviations

SAA : Spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

Pb : plomb

Zn : Zinc

ETM : éléments traces métalliques

T° : Température

G : gramme

Kg : Kilogramme

mg : milligramme

ml : millilitre

mg /Kg : milligramme par kilogramme

m : mètre

min : minute

HNO₃ : acide nitrique

% : pourcentage

OMS : Organisation mondiale de la santé

CEC : capacité d'échange cationique

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : PRINCIPAUX ELEMENTS METALLIQUES ESSENTIELS ET NON-ESSENTIELS (HOPKIN, 1989).....	4
TABLEAU 2 : CLASSIFICATION DE QUELQUES METAUX LOURDS SELON LEUR DENSITE ET LEUR TOXICITE (ADRIANO, 2001).....	5
TABLEAU 3 : CONCENTRATIONS TOTALES ($\mu\text{G.G}^{-1}$) EN ELEMENTS TRACES DANS LES SOLS (FRANCE) GAMMES DE VALEURS "ORDINAIRES" ET D'ANOMALIES NATURELLES (D'APRES BAIZE, 2000).....	7
TABLEAU 4 : PRINCIPALES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU PLOMB (Pb).	8
TABLEAU 5 : PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DU CADMIUM (TIRE DE J.K. BARBALACE INC., 2012).....	9
TABLEAU 6 : PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DU CUIVRE (TIRE DE J.K. BARBALACE INC., 2012A)	9
TABLEAU 7 : PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DU ZINC (Zn).....	11
TABLEAU 8 : VALEURS LIMITES DE CONCENTRATION EN ELEMENTS TRACES METALLIQUES DANS LES SOLS.....	13
TABLEAU 9 : DONNEES GEOGRAPHIQUES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE BEJAIA.	16
TABLEAU 10 : CLASSIFICATION DE LA TOMATE (LINNE, 1753)	19
TABLEAU 11 : CLASSIFICATION DE POIVRON (CRONQUIST, 1981).....	19
TABLEAU 12 : CLASSIFICATION DE L'AUBERGINE (LINNE, 1975).....	20
TABLEAU 13 : CLASSIFICATION DE BLE (CRONQUIST, 1981).....	20
TABLEAU 14 : CLASSIFICATION D'HARICOT (LINNE, 1753)	20
TABLEAU 15 : CLASSIFICATION DE LA COURGETTE (FELLER ET AL. 1995)	21
TABLEAU 16 : CLASSIFICATION D'EPINARD (LINNE, 1753).....	21
TABLEAU 17 : CLASSIFICATION D'AGRUMES SELON (CRONQUIST, 1981) :	22
TABLEAU 18 : CLASSIFICATION DE MELON (LINNE, 1753).....	22
TABLEAU 19 : CLASSIFICATION D'AVOINE (LINNE, 1753).....	22
TABLEAU 20 : CLASSIFICATION DE LA VESCE (LINNE, 1753).....	23
TABLEAU 21 : COMPARAISON ENTRE LES DEUX PROTOCOLES	25
TABLEAU 22 : METHODE DE LA PREPARATION DE LA SOLUTION MERE.....	26
TABLEAU 23 : RESULTAT DE DOSAGE DES METAUX LOURDS (Cu, Pb, Zn, Cd) DANS LE SOL	28
TABLEAU 24 : LA MOYENNE, L'ECARTYPE ET LA VARIANCE DES ETM DANS L'ENSEMBLE : SOL, TIGE, FEUILLE ET FRUIT	29
TABLEAU 25 : RESULTAT DE LA BIOACCUMULATION DES ELEMENTS METALLIQUES DANS LES ECHANTILLONS.....	34

Liste des figures

FIGURE 1 : TABLEAU DE CLASSIFICATION PERIODIQUE (FOUREST,1993).	3
FIGURE 2 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE BEJAIA	14
FIGURE 3: DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BEJAIA (MOULAI ET MOSTEFAI , 2015).	16
FIGURE 4 : SCHEMA DE TOUTES LES ETAPES.	27
FIGURE 5 : VARIATION SPATIALE DES TENEURS DE CUIVRE AU NIVEAU DES SOLS, TIGE, FEUILLE, FRUIT DANS LA ZONE AGRICOLE DE BEJAIA	30
FIGURE 6 : VARIATION SPATIALE DES TENEURS DE PLOMB AU NIVEAU DES SOLS, TIGE, FEUILLE, FRUIT DANS LA ZONE AGRICOLE DE BEJAIA	31
FIGURE 7 : VARIATION SPATIALE DES TENEURS DE PLOMB AU NIVEAU DES SOLS, TIGE, FEUILLE, FRUIT DANS LA ZONE AGRICOLE DE BEJAIA	32
FIGURE 8 : VARIATION SPATIALE DES TENEURS DE CADMIUM AU NIVEAU DES SOLS, TIGE, FEUILLE, FRUIT DANS LA ZONE AGRICOLE DE BEJAIA	33

SOMMAIRE

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I: Généralités sur les métaux lourds

I.1. Définitions et quelques notions.....	3
I.2. Classification des métaux lourds	4
I.3. Les sources des métaux lourds.....	5
I.4. Les sources de contamination des sols agricoles en ETM.....	6
I.5. La particularité et Toxicité des ETM (éléments traces métalliques).....	7
I.6. Les métaux lourds dans la végétation	11
I.7. Besoin de plantes en éléments minéraux et leur rôle dans la physiologie végétale.....	11
I.8. Transfert sol-plante :	12
I.9. Les Normes réglementaires des métaux lourds :	13

Chapitre II: Matériels et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude.....	14
II.2. Présentation des stations d'échantillonnage	17
II.3. Classification des plantes.....	19
II.4. Matériels	23
II.5. Méthodes.....	24

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1 Résultat et discussion de dosage des métaux lourds :.....	28
Conclusion.....	36

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

La pollution des sols par les éléments traces métalliques constitue depuis une vingtaine d'années un objectif de recherche et de remédiation. La politique de gestion des sols pollués repose essentiellement sur la connaissance de la distribution des métaux cibles dans les différentes fractions du sol afin de pouvoir prédire leurs comportements, leurs mobilités. La pollution de l'environnement est le résultat du processus d'urbanisation, des processus démographiques et du développement des activités industrielles et agricoles au cours des trois derniers siècles (**Lecomte., 1995**).

Les deux principales sources de contamination de l'environnement par les éléments en traces sont d'une part les processus naturels d'érosion des sols (**Shallari et al., 1998**), le développement de l'activité industrielle (industries métallurgiques et chimiques) et de l'activité agricole (pesticides, engrais, ...) ce qui a entraîné des apports parfois intensifs de ces éléments qui deviennent des polluants pour l'environnement. L'enjeu principale est sanitaire du fait de leur toxicité, de leurs persistance dans le milieu naturel et de leur caractère bio-accumulatif (**Sterckeman T et al., 2008**).

En effet, si certains ETM indispensables à la vie (les oligo-éléments doivent être présents dans notre alimentation à petites doses, d'autres, comme le plomb (Pb), sont toxiques même à très petites doses. (**Carsignol J, 2004**). Si la connaissance des teneurs totales en métaux contenus dans un sol constitue une étape indispensable à l'évaluation de l'importance de la contamination (danger), ce sont davantage les formes chimiques sous lesquelles se trouvent les métaux (spéciation) ainsi que les conditions physico-chimiques du milieu qui permettent d'appréhender le risque de ces polluants pour l'environnement et pour l'homme. (**Baba Ahmed A, 2012**).

De nos jours, de manière générale le monde assiste à une croissance démographique accrue et une évolution du mode de vie des populations, ce qui entraîne une accélération dangereuse de l'étalement urbain sur les zones agricoles (expansion des villes). Développer une agriculture dans la périphérie des villes et de l'urbanisation, pourrait-il entraîné des risques sanitaires liés à la pollution urbaine ? Pourrait-il peser sur la qualité de l'environnement et la santé des écosystèmes ?

De ce fait, nous avons réalisé cette étude pour savoir si les sites agricoles sont contaminés en éléments traces métalliques (ETM), se rassurer de la qualité du sol des sites agricoles urbains de Bejaia.

Dans ce présent travail, nous nous sommes intéressés à évaluer le risque d'une contamination en éléments traces métalliques (ETM) dans les zones agricoles urbaines de BEJAIA.

L'objectif de ce travail est de déterminer les teneurs totales des métaux lourds (le Plomb **Pb**, le Cadmium **Cd**, le Zinc **Zn**, le Cuivre **Cu**) présents dans le sol, les différentes parties aériennes des cultures végétales.

Ce mémoire s'organise ainsi en trois chapitres, décrits comme suit :

Chapitre I : présente une synthèse bibliographique et des généralités sur les ETM (Pb,

- Chapitre I : présente une synthèse bibliographique et des généralités sur les ETM (Pb, Cd, Zn, Cu)
- Chapitre II : Constitue la partie « matériels et méthodes », ce chapitre est divisé en deux parties :
 - La présentation de la zone d'étude (Localisation géographique, facteurs abiotiques)
 - La présentation des matériels, de la méthodologie analytique au laboratoire
- Chapitre III : présente les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations.

Chapitre I
Généralités sur les métaux lourds

I.1. Définitions et quelques notions

I.1.1. Les métaux lourds

Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5g/cm³, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité (Belanger and David, 2009). Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles et ne sont pas biodégradables. On dit que les métaux sont présents en « quantités traces » car ils représentent 0,6 % (en masse) du total des constituants de la croûte terrestre (Blum, 1990).

D'un point de vue chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux. Physiquement, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g/m³ (Huynh, 2009).

En toxicologie, ils sont définis comme des métaux à caractère cumulatif ayant essentiellement des effets très néfastes sur les organismes vivants. En nutrition et en agronomie, ils peuvent même être assimilés à des oligo-éléments indispensables à certains organismes, en particulier par leur action catalytique au niveau du métabolisme. Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn, qui ont des effets toxiques même à faible concentration. On distingue aussi les métaux indispensables aux organismes (Zinc et le cuivre), dont la concentration dépasse un certain seuil deviennent très toxiques (Boukrah, 2008).

Bloc S												Bloc p					
H		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> Métaux lourds de densité > 5 </div>															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Bloc f														
Lanthanides			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Transuraniens			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr	

Figure 1 : tableau de classification périodique (Fourest,1993).

I.2. Classification des métaux lourds

Les éléments traces métalliques sont répertoriés en deux catégories selon leurs effets sur le métabolisme des êtres vivants (**Baize, 1997, Tremel-Schaub and Feix, 2005**).

I.2.1. Les métaux essentiels (ou oligo-éléments) :

Sont des éléments indispensables à l'état de traces pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**).

Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre, du nickel, du zinc, du Fer exemple le Zinc à la concentration du milli molaire est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénase, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (**Kabata and Pendias, 2001**).

I.2.2. Les métaux toxiques (non essentiels) :

Sont des éléments qui ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. On les appelle aussi « éléments traces métalliques » car ils se trouvent souvent en très faible concentration dans l'environnement. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule (**BEHANZIN G. J et al 2014**)

Tableau 1 : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels (HOPKIN, 1989).

Eléments essentiels majeurs	Oligo-éléments essentiels	Eléments "essentiels" en ultra trace	Eléments non essentiels
Calcium, Phosphore, Potassium, Soufre, Magnésium, Chlore, Sodium.	Fer, Iode, Cuivre, Manganèse, zinc, Cobalt, Molybdène, Sélénium, Chrome, Nickel, Vanadium, Silicone, Arsenic.	Lithium, Fluor, Aluminium, Étain, Plomb, Zinc.	Cadmium, Mercure

Tableau 2 : Classification de quelques métaux lourds selon leur densité et leur toxicité (Adriano, 2001)

ETM	Plantes	Animaux	Densité
Cd	T	T	8.65
Cr	E	E	7.20
Cu	-	E	8.92
Ni	T	E	8.90
Pb	T	T	11.34
Zn	E	E	7.14

T : toxique ; E : essentiel

I.3. Les sources des métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent de manière naturelle dans l'environnement par les processus géologiques et les cycles biologiques. Cependant l'activité humaine (industrielle et technologique) a fortement augmenté leur présence dans la nature. Cette dernière diminue le temps de résidence des métaux dans les roches, ils forment de nouveaux composés métalliques, introduisent les métaux dans l'atmosphère par la combustion de produits fossilifères. Il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) et la part naturelle (géogène) (**Académie des sciences, 1998**).

I.3.1. Les sources naturelles

Parmi les importantes sources naturelles, on cite l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (**AFNOR, 1988**).

I.3.2. Les sources anthropiques

L'origine anthropique des métaux lourds constitue la majeure source de contamination de l'environnement. Les pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux sont ; la pollution atmosphérique, agricoles et industrielles. (**Otmani H, 2018**).

Les différentes sources anthropiques sont (**Mckenzie et al, 1997**).

- Activités pétrochimiques
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment)
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- Incinération de déchets
- Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents)
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles
- Exploitation minière

I.4. Les sources de contamination des sols agricoles en ETM

Tous les sols contiennent naturellement des métaux en traces, des flux d'ETM d'origine anthropique s'additionnent aux teneurs. Ces apports extérieurs se déposent à la surface des sols, on parle de contamination des sols. Ils peuvent être classés en fonction de leur origine :

- Retombées atmosphériques : Elles sont constituées d'une part naturelle, issue de l'activité volcanique globale, ou de l'érosion éolienne mais représentant souvent des quantités faibles face aux particules provenant des rejets atmosphériques industriels et de la combustion de matériaux organiques fossiles (transports). Ces retombées peuvent enrichir les sols sous forme de dépôts secs ou lors des événements pluvieux.
- Intrants agricoles : Les substances apportées au sol pour augmenter le rendement, la qualité contiennent toutes des ETM, mais en quantités variables. Les types d'intrants sont
 - Les fertilisants inorganiques de synthèse (azotés) contiennent généralement peu d'ETM
 - Les amendements et fertilisants organiques (fumier, compost, lisier) sont particulièrement riches en Cu et Zn, car ils sont ajoutés à l'alimentation du bétail.

Les apports en ETM dans les sols agricoles réalisés en lien avec des activités humaines, doivent être contrôlés, du fait des effets néfastes qu'ils peuvent potentiellement engendrer. La réglementation relative à ces pratiques est cependant peu abondante concernant l'épandage des déchets provenant des activités agricoles, notamment les effluents issus de l'élevage **(Thomas.B, 2008)**

Tableau 3 : Concentrations totales ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en éléments traces dans les sols (France)

Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles (d'après Baize, 2000)

	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires »	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
As	1,0 à 25,0	30 à 60	60 à 284
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0	2,0 à 16,0
Cr	10 à 90	90 à 150	150 à 3180
Co	2 à 23	23 à 90	105 à 148
Cu	2 à 20	20 à 62	65 à 102
Hg	0,02 à 0,10		
Ni	2 à 60	60 à 130	130 à 2076
Pb	9 à 50	60 à 90	100 à 3000
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0	2,0 à 4,5
TI	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4	7,0 à 55,0
Zn	10 à 100	100 à 250	2503800

I.5. La particularité et Toxicité des ETM (éléments traces métalliques)

I.5.1. Le Plomb (Pb)

Le plomb est un métal mou, malléable et possède un éclat argenté qui ternit à l'air humide, résistant à la corrosion. Sa présence dans la croûte terrestre est ubiquitaire (entre 15 mg/kg et 20 mg/kg). Il y est relativement accessible bien qu'il y soit peu présent sous sa forme métallique (Pb^0) (ATSDR, 2007).

Dans le sol le Pb se trouve sous les formes chimiques suivantes : Pb^{2+} , PbHCO_3^+ , PbOH^+ , PbSO_4 , Pb(OH)_2 , PbCO_3 , PbO , $\text{Pb(PO}_4)_2$, $\text{PbO(PO}_4)_2$, PbCl^+ . (Pugh et al, 2002).

Un métal dont les concentrations requises pour qu'un effet indésirable chez l'homme apparaisse s'avèrent très, dont les effets toxiques peuvent se manifester à plusieurs endroits dans l'organisme, bien que le système nerveux y soit plus sensible. Il peut être issu, des anciennes peintures au plomb, communes jusqu'à la fin des années 70, ou de certains anciens pesticides (Gilbert, 2010).

L'apport anthropique du Pb se résulte d'autres activités telles que :

- Les boues de stations d'épuration
- Les usines de traitement des minerais
- Le recyclage des batteries
- Les gaz d'échappement
- Etc (Baize, 1997)

Tableau 4 : Principales propriétés physico-chimiques du Plomb (Pb).

Aspect	Gris bleuté
Structure cristalline	Cubique à face centrée
Paramètre cristallin	A= 0,4950nm
Masse atomique	207,2g.mol ⁻¹
Nombre atomique	82
Température de fusion	T=327,42°C
Température d'ébullition	1740°C
Coefficient de dilatation linéique (0→100°C)	29,3×10 ⁻⁶ K ⁻¹
Masse volumique	11,35g.cm ⁻³
Résistivité électrique à 20°C	20,65 μΩ.cm

Tiré de J.K. Barbalace inc., 2012

I.5.2. Le Cadmium (Cd)

Le Cadmium est un métal argenté, ductile, très toxique, résistant à la corrosion, relativement rare présent dans l'écorce terrestre à des quantités très faibles. Le cadmium n'est pas essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux et ne participe pas au métabolisme cellulaire (Martin-Garin A et al, 2000)

Les principaux domaines d'utilisation du cadmium sont : la galvanoplastie, alliages de soudure et de brasure, batteries d'accumulateurs, engrais (superphosphates), colorants, peintures et vernis, et dans l'industrie nucléaire (Lauwerys R, 1999).

Le cadmium est un toxique à caractère cumulatif, sa demi-vie biologique chez l'homme est estimée entre 10 à 40ans. Les sites principaux de son accumulation sont le foie, les poumons et les reins, ces derniers sont considérés comme les organes critiques de la toxicité du cadmium (Lauwerys R, 1999).

L'inhalation ou l'ingestion du cadmium entraîne des intoxications chroniques ou aiguës dépendantes de la quantité ingérée et l'intensité de l'exposition, ces dernières se manifestent par des troubles digestifs (diarrhées, gastro-entérite, vomissements), des troubles respiratoires (Bronchites, rhinite), des atteintes rénales (syndrome de Toni-Debré-Fanconi) et hématologiques (Anémie) ainsi que d'autres troubles dans le système immunitaire. Le cadmium est aussi suspecté d'entraîner des effets cancérogènes, une exposition prolongée peut induire à des risques accrus de cancer sur le personnel exposé (Cancer des poumons, de la prostate) (Lauwerys R, 1997).

Tableau 5 : Propriétés physicochimiques du Cadmium (Tiré de J.K. Barbalace inc., 2012)

Propriétés	Valeurs
Masse molaire	112,41 g/mol
Pression de vapeur	7,5x10 ⁻³ mmHg à 257 °C
Solubilité dans l'eau	Non soluble à 20 °C
États d'oxydation	2 (0 et +2)

I.5.3. Le Cuivre (Cu)

Un élément essentiel dans la métallurgie où il est présent dans de nombreux alliages. Il présente la meilleure conductivité après l'or ce qui fait de lui une matière précieuse dans le domaine électrique où il est présent dans les transformateurs, les fils, les dynamos etc. Il est utile en tant que pigment pour la verrerie et les céramiques. De plus, il intervient dans la composition des insecticides et fongicides. Enfin, le cuivre est utilisé comme désodorisant et purifiant dans le secteur pétrolier (Spaque, 2015a)

La principale source d'ingestion de cet oligo-élément est la nourriture. Il est impliqué dans les réactions enzymatiques et est donc nécessaire au bon fonctionnement du corps. Un excès en cuivre provoque des nausées, une irritation gastrique voire des diarrhées. Cependant, ces symptômes se manifestent que très rarement, puisqu'à ces concentrations, le goût métallique empêche bien souvent l'ingestion de cet élément (Health Canada, 1992)

Tableau 6 : Propriétés physicochimiques du Cuivre (Tiré de J.K. Barbalace inc., 2012a)

Propriétés	Valeurs
Masse molaire	63,546 g/mol
Pression de vapeur	0,0505 Pa à 1085 °C
Solubilité dans l'eau	Non soluble à 20 °C
États d'oxydation	5 (0, +1, +2, +3 et +4)

I.5.4. Le Zinc (Zn)

C'est un oligo-élément métallique indispensable à l'organisme. C'est un métal blanc bleuâtre, résiste bien à la corrosion et est insoluble dans l'eau bien que plusieurs de ses formes. La structure chimique et physique du zinc ressemble beaucoup à celle du cadmium, ce dernier est pratiquement toujours présent sous forme d'impuretés dans les gisements de zinc (**ATSDR, 2005**)

Dans le sol, le Zn est sous les formes chimiques suivantes :

Zn^{2+} , $ZnSO_4$, $ZnHCO_3^+$, $ZnCO_3$, $ZnFe_2O_4$, Zn_2SiO_4 , $Zn_3(PO_4)_2$ (**Bourelhier et al, 2008**).

La limite supérieure des apports en zinc chez l'adulte est de 40 mg/jour ; la limite supérieure est inférieure chez les jeunes. L'intoxication est rare l'inhalation des vapeurs d'oxyde de zinc industriel provoque de la fièvre, une dyspnée, des nausées et des myalgies...etc. Les symptômes apparaissent généralement de 4 à 12 heures après l'exposition. L'ingestion de doses de zinc élémentaire (100 à 150 mg/jour) pendant de longues périodes perturbe le métabolisme du cuivre et induit une baisse des taux sériques de cuivre, une microcytose et un affaiblissement du système immunitaire. L'ingestion de plus grandes quantités (200 à 800 mg/jour), habituellement par l'intermédiaire d'aliments acides ou de boissons contenues dans des récipients galvanisés entraîne une anorexie, des vomissements et une diarrhée (**Larry E et al, 2020**).

Les apports anthropiques de Zn résultent de trois groupes d'activités majeures (**Baize et al, 1997**) :

- Les sources minières et industrielles : traitement du minerai, raffinage, galvanisation du fer, gouttières, toitures, fabrication de piles électriques, piments, matières plastiques, caoutchouc.
- Les épandages agricoles : on retrouve le Zn en abondance dans les lisiers.
- De nombreuses activités urbaines et le trafic routier libèrent du Zn dans l'environnement, toitures, gouttières, usure de pneus de voitures, incinération des déchets domestiques.

Tableau 7 : Propriétés physicochimiques du Zinc (Zn)

Propriétés	Valeurs
Numéro atomique	30
Masse atomique	65,37
Masse volumique	7,14 g/cm ³
Température de fusion	419°C
Température d'ébullition	907°C

Tiré de l'encyclopédie LAROUSSE.

I.6. Les métaux lourds dans la végétation

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**))

Les plantes réagissent de façon différente selon les variétés. Certaines sont peu ou pas tolérantes et meurent au contact des métaux lourds. D'autres ont des réactions de défense, et freinent l'absorption en sécrétant des acides qui vont augmenter le pH et par conséquent réduire la mobilité des éléments traces. D'autres enfin, sont tolérantes aux métaux, et même les accumulent, les concentrent. Ces plantes sont dites « hyperaccumulatrices » et métallophiles. Les éléments traces sont absorbés par les racines, et y demeurent le plus souvent. Le passage dans les parties aériennes (tiges, feuilles) varie selon les métaux et sont les signes d'un accroissement de la concentration des métaux dans le sol

I.7. Besoin de plantes en éléments minéraux et leur rôle dans la physiologie végétale

Les plantes ont besoin de l'eau, de l'oxygène et de la lumière pour se développer ainsi de certains éléments minéraux citons : le Phosphore (P), l'Azote (N), le Potassium (K) etc...

Le cuivre, le bore, le zinc et le manganèse sont également des éléments importants pour les équilibres métaboliques des végétaux. Ces éléments sont nécessaires en très petites quantités. Ces derniers prélèvent les éléments nutritifs du sol. Il est donc nécessaire d'entretenir la fertilité du sol en reconstituant ses réserves par des apports de matières fertilisantes adaptés.

- Le Zinc : il intervient dans la synthèse des protéines et de l'amidon, et il a un rôle spécifique dans le métabolisme de l'auxine, hormone responsable de l'élongation

cellulaire. Le zinc protège aussi la plante des stress oxydants en condition de forte lumière et de sécheresse

- Le Cuivre : est un oligoélément essentiel pour la croissance des végétaux, il augmente le rendement et la qualité des cultures
- Le Plomb : L'accumulation excessive de plomb dans les tissus est toxique pour la plupart des plantes, conduisant à des diminutions de la germination, de l'allongement racinaire, de la biomasse, et une inhibition de la biosynthèse chlorophyllienne (**Sharma et Dubey, 2005**)
- Le Cadmium : est un élément trace toxique (non-essentiel) pour les plantes. Les facteurs du sol qui affectent l'absorption de Cd par les plantes sont nombreux tel que le pH, le contenu en carbone organique, la capacité d'échange cationique (CEC), la teneur en argile, et le contenu en oxydes de Fe et Mn, présentent une influence remarquable sur la disponibilité et le transfert de Cd vers les plantes (**Ding et al. 2013; Tomás et al., 2012**)

I.8. Transfert sol-plante :

Les sols ont la propriété de fixer les ETMs, en particulier dans les horizons de surface riches en matière organique. Les principaux facteurs de l'environnement influant sur la mobilité des éléments traces dans les sols sont le pH, le potentiel d'oxydoréduction et la capacité d'échange cationique (CEC) (**Tomás et al., 2012**)

Les plantes absorbent les éléments traces métalliques par leurs racines depuis le sol, ensuite ils sont transportés par le xylème, accumulés dans les différents tissus de la plante (tige, feuille, fruit). Certains de ces éléments sont considérés comme essentiels (oligoéléments), contrairement à d'autres qui présentent une toxicité et un danger même à faible concentration, ils constituent un risque direct par l'accumulation des concentrations dans le végétal ainsi la chaîne alimentaire qui finit par atteindre l'homme, la faune et l'ensemble de l'environnement (**Nicholson et al., 2003**)

I.9. Les Normes réglementaires des métaux lourds :**Tableau 8 : Valeurs limites de concentration en éléments traces métalliques dans les sols**

Éléments trace dans le sol	Valeurs limites en MG/KG
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercure	1
Nickel	50
Plomb	100
Zinc	300

- L'arrêté du 08/01/98 prévoit que « des dérogations [... aux valeurs limites prévues] peuvent limites prévues...] peuvent toutefois être accordées par le préfet sur la base d'études du milieu concerné montrant que les éléments-traces métalliques des sols ne sont pas mobiles ni biodisponibles. » (Sterckeman T *et al*, 2009)

Chapitre II
Matériels et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude

La présentation de la région d'étude comporte la localisation géographique et les facteurs abiotiques.

II.1.1. Situation géographique

La wilaya de Bejaia est située au nord-est de l'Algérie à environ 181km, dans la région de la Kabylie avec une façade sur la mer méditerrané, limitée par les wilayas : Sétif et Jijel à l'est, Bordj-Bou-Argeridj au sud et Tizi-Ouzou, bouira à l'ouest. Elle est divisée administrativement en 52 communes et 19 daïra. Elle est située dans un secteur urbanisé.

La ville de Bejaïa s'étend sur une superficie totale de 3268km², qui concentre une population de 1012274 habitants selon les estimations faites en 2008 (**Données du recensement général de la population de l'habitat, 2008**), soit une densité de 310 hab/km².

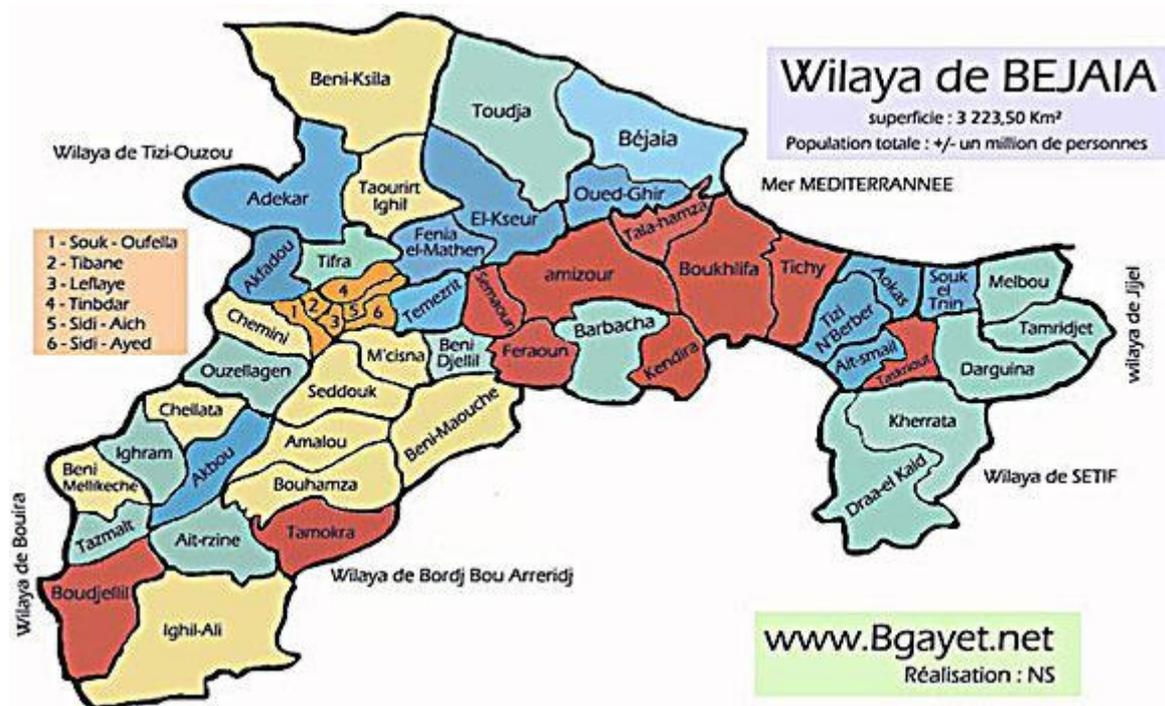


Figure 2 : Situation géographique de Bejaia

II.1.2. Données physiques**II.1.2.1. Reliefs**

La wilaya de Bejaïa est caractérisée par un relief montagneux prépondérant, et constitue un site écologique remarquable (**UNESCO, 2010**).

Au nord de Bejaïa on trouve (**Loukkas, 2006**) :

- Le massif du Bouhatem et le massif du Djurdjura ;
- La vallée de la Soummam au centre ;
- Le massif de Bousselam et les Babords ;
- Le parc national de Gouraya.

L'est de Bejaïa :

- Le parc national de Taza.

II.1.2.2. Aperçue géologique

La ville de Bejaia est caractérisée par une morphologie irrégulière. On distingue deux zones distinctes : Une partie très accidentée et une autre plate qui correspond à l'embouchure de l'oued Soummam (**Bendadouche H ; Hammadi Y, 2014**) :

- La partie habitée au sud de la montagne de Gouraya est constituée de marnes et de marno-calcaire.
- Le sud de la montagne de Boudraham : plus stable, constitué de brèches, conglomérats, éboulis et flysch.
- La plaine est constituée d'alluvions, basses terrasses, dépôts limoneux, sables et cailloutis.
- Sur le site : Le miocène post-nappes est représenté par une brèche polygénique discordance sur l'unité tellienne crétacée supérieure formée d'alternances de pélites et de grès calcaires au sommet, de marnes et calcaires a la base.

II.1.2.3. Aperçue pédologique

Les analyses au laboratoire ainsi que les analyses statistiques, ont montré que les sols appartiennent à la classe des sols calcimagnésiques. De point de vue agronomique la plupart des sols présente des caractéristiques structurales, texturales et chimiques intéressantes, confirmant ainsi la présence d'une fertilité physico-chimique appréciable (**Bendadouche H ; Hammadi Y, 2014**).

II.1.3. Données climatiques

D’après la localisation géographique Bejaïa se trouve à 6m d’altitude, elle est caractérisée par un climat tempéré avec un hiver doux, caractéristique des zones méditerranéennes, avec des précipitations fortes et irrégulières, la moyenne des précipitations annuelles atteints 739mm. Et un été plutôt chaud et humide avec une température de 16.9°C en moyenne (Zouggaghe ;Mouni et Taffer 2014).

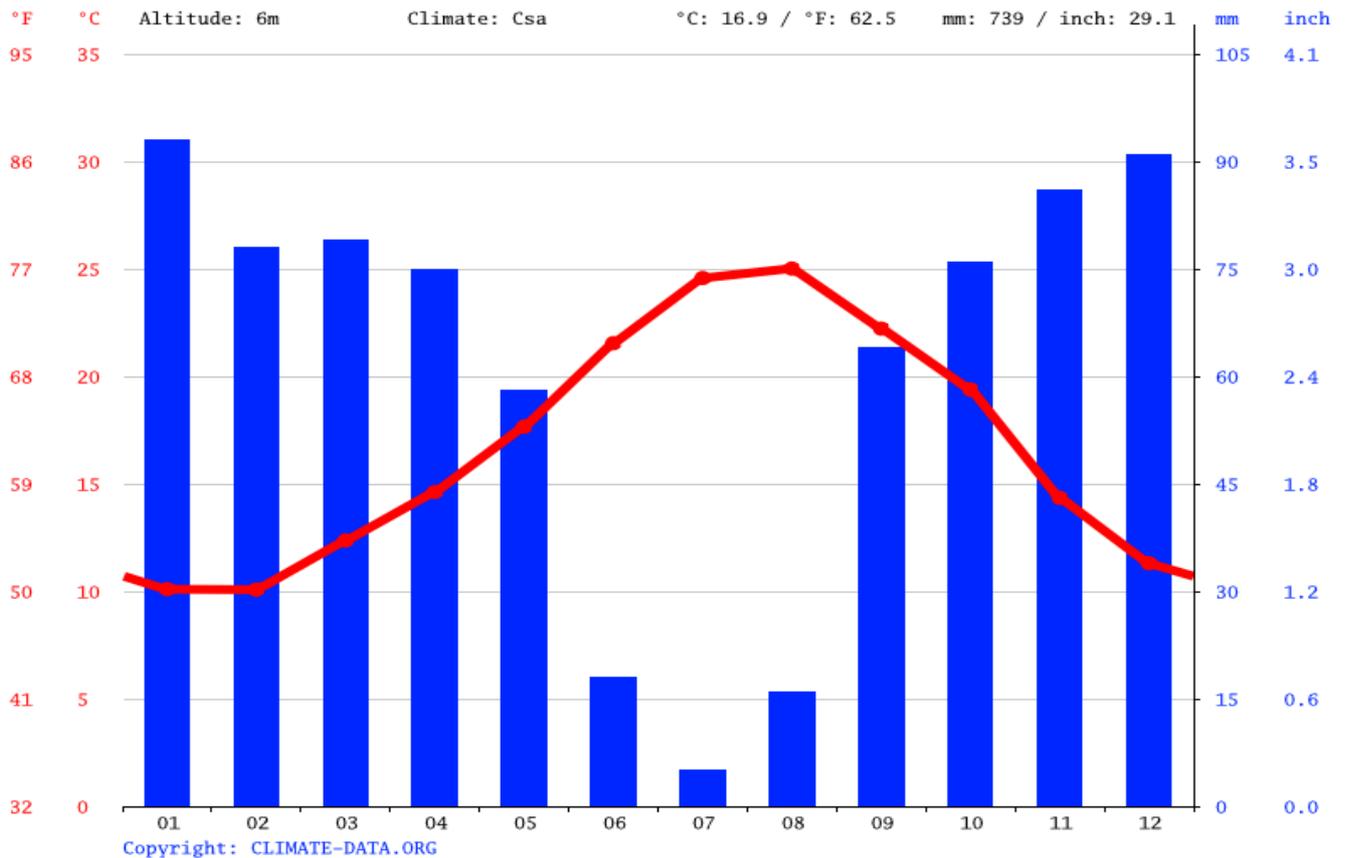


Figure 3: Diagramme ombrothermique de Bejaia (Moulai et Mostefai , 2015).

Interprétation

Le mois le plus sec est celui de Juillet avec seulement 5 mm. Une moyenne de 93 mm fait du mois de Janvier le mois ayant le plus haut taux de précipitations.

Au mois d’Aout, la température moyenne est de 25.0 °C. De ce fait c’est le mois le plus chaud de l’année. 10.1 °C font du mois de Février le plus froid de l’année.

Tableau 9 : Données géographiques de la station météorologique de Bejaia.

Zone d’étude	Longitude	Latitude	Altitude
Bejaia	5°3'E	36°43'N	3 m

II.1.4. Activité agricole

L'activité agricole occupe une part importante dans l'économie de Bejaïa avec une superficie agricole utile de 130 306 ha. Elle est marquée par la céréaliculture, l'oléiculture, la culture maraîchère notamment la pomme de terre, l'arboriculture, l'apiculture ainsi que la production animale.

II.1.5. Choix des zones d'études

- L'accessibilité aux terrains agricole ;
- Échantillonnage facile ;
- Zones urbaines ;
- Zones contient des plantes reconnaissable, consommé par l'ensemble de peuple ;
- Les agriculteurs utilisent généralement des produits phytosanitaires et des engrais chimiques.
- Présentation de l'activité industrielle à proximités de la majorité des fermes.

II.2. Présentation des stations d'échantillonnage**II.2.1. El-kseur**

Ferme : à côté du sens unique.

Elle est située à 24km au sud-ouest de Bejaïa, avec une superficie de 94.06km², qui contient 29842 habitants avec une densité de 317.3 hab/km² en 2008. Elle est le chef-lieu éponyme d'une daïra de Bejaïa.

Climat :

El-kseur est caractérisé par un climat méditerranéen avec été chaud.

Culture échantillonnée : Tomate, poivron et leurs sols dans les serres.

II.2.2. Village socialiste agricole

Est une commune de la région de petite Kabylie en Algérie, située dans la wilaya de Bejaïa, elle s'étend sur une superficie de 45.21km², avec une population de 11825 habitants selon les estimations faites en 2008, et une densité de 262hab/km².

Ce village constitue de véritable complexe socio-économique, assure l'ensemble des fonctions économiques et des services administratifs sociaux et culturels.

Climat

Caractérisé par un climat méditerranéen avec été chaud.

Cultures échantillonnées : Agrume (l'orange), courgette, épinard et tous les sols, échantillonnage en plein champ.

II.2.3. Ouzellaguen

Ferme : Boutagouth.

Commune de la wilaya de Bejaïa, dans la région de Kabylie en Algérie, avec une superficie de 61.40 km². Elle contient 22719 habitants, soit une densité de 370 hab/km², en 2008.

Climat :

Caractérisé par un climat méditerranéen avec été chaud.

Cultures échantillonnées : Tomate, agrume (citron), melon et leurs sols, échantillonnage en plein champ.

II.2.4. Akbou

Ferme : Thaharacheth.

Est une commune algérienne de la wilaya de Bejaïa, en petite Kabylie dans la vallée de Soummam. Elle s'étend sur une superficie totale de 52.18km², rassemble 52282 habitants, et une densité de 1002 hab/km² selon les études faites en 2008.

Climat :

Un climat méditerranéen avec été chaud.

Culture échantillonnée : Aubergine, poivron, tomate ainsi que les sols de chaque culture, échantillonnage en plein champ.

II.2.5. Tazmalt

Ferme : Thavelaseth « ait oukil » et Ikharvan.

Le cœur de la Kabylie, une commune algérienne située à 80 km au sud-ouest de la wilaya de Bejaïa avec une superficie de 33.64 km², et 28891 habitant et une densité de 858.8 hab/km², selon les études faites en 2008.

Climat :

Un climat méditerranéen avec été chaud.

Cultures échantillonnées : Tomate, haricot, poivron, blé et tous les sols de ces cultures, échantillonnage dans les serres ainsi qu'au plein champ.

II.3. Classification des plantes

II.3.1. La tomate

C'est une plante herbacée annuelle (Welty N ; Radovich C ; Meulia T ; and Van der knaap E, 2007), d'une forme circulaire à pépin. Les tiges sont naturellement rampantes et recouvertes des poils simples et granuleux, ces feuilles sont composées de façon variables, alternes plus ou moins dentelées (Chaux C, Foury C, 1994)

Tableau 10 : Classification de la tomate (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Solanum lycopersicum</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Solanales</i>
Famille	<i>Solanaceae</i>
Genre	<i>Solanum</i>

II.3.2. Poivron

Est une plante annuelle de la famille des solanacées. Les feuilles, alternes, lancéolées, se terminant en pointe, sont d'un vert brillant. Les fleurs, nombreuses et petites, sont blanches, à pétales pointus. Le fruit est bai d'un type particulier, très gros (Michel P ;et claude F, 2003).

Tableau 11 : Classification de poivron (Cronquist, 1981)

Nom Scientifique	<i><u>Capsicum annuum</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Solanales</i>
Famille	<i>Solanaceae</i>
Genre	<i>Capsicum</i>

II.3.3 L'aubergine

Est une plante annuelle plutôt frileuse développe des feuilles alternes, de forme ovale, anguleuses et souvent un peu épineuses. Les fleurs pourpres avec des étamines jaunes et les tiges ramifiées. La couleur de la peau, unie ou striée, selon les variétés, va du blanc au violet presque noir en passant par le rose pourpré et le violet.

Tableau 12 : Classification de l'aubergine (Linné, 1975)

Nom scientifique	<i><u>Solanum melongena</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Equisetopsida</i>
Ordre	<i>Solanales</i>
Famille	<i>Solanaceae</i>
Genre	<i>Solanum</i>

II.3.4. Le blé

Une plante annuelle, une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitue d'une graine et de téguments. On distingue deux espèces de blé les plus cultivées : le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*), nous on a échantillonné le blé tendre. Le grain de blé comprend trois parties principales : l'enveloppe, l'amande farineuse, le germe (**Boutigny ,2007**)

Tableau 13 : Classification de blé (Cronquist, 1981)

Nom scientifique	<i><u>Triticum aestivum</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poales</i>
Genre	<i>Triticum</i>

II.3.5. L'haricot

Est une plante herbacée annuelle avec un système racinaire le plus souvent localisées en surface. Les feuilles sont alternées, composées (**Phaseolus vulgaris, 1998**), imparipennées comprenant 3 à 5 folioles de forme ovale-acuminée. Les tiges volubiles peu ramifiées s'enroulent autour de leur support.

Tableau 14 : Classification d'haricot (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Phaseolus vulgaris</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Genre	<i>Phaseolus</i>

II.3.6. La courgette

Est une plante annuelle à croissance indéterminée. C'est une plante monoïque : les fleurs mâles et femelles coexistent sur une même plante, mais distinctement. Elle possède de grandes feuilles, elle a des fleurs de couleur jaune, qui donnent le fruit appelé courgette. La tige et les branches sont relativement courtes (FAQ, 1988)

Tableau 15 : Classification de la courgette (Feller et al. 1995)

Nom scientifique	<i><u>Cucurbita pepo</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Violales</i>
Famille	<i>Cucurbitaceae</i>
Genre	<i>Cucurbita</i>

II.3.7. L'épinard

L'épinard est une plante annuelle à croissance rapide. Elle possède une longue racine pivotante avec des feuilles allongées de couleur vert foncé. C'est une plante dioïque (Eric Birlouez, 2020).

Tableau 16 : Classification d'épinard (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Spinacia oleracea</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Chenopodiaceae</i>
Genre	<i>Spinacia</i>

II.3.8. Agrumes

Sont Des fruits des végétaux parmi lesquels on trouve les citrons, les clémentines, les bergamotes, les limes, les mandarines, les oranges, les pamplemousses...etc. Les feuilles sont simples et persistantes portent des épines, avec des tiges ligneuses. Nous on va se basé sur l'orange et le citron comme on a échantillonné ces deux espèces.

Tableau 17 : Classification d'agrumes Selon (Cronquist, 1981) :

	Citron	Orange
Nom scientifique	<i><u>Citrus</u></i>	<i><u>Citrus sinensis</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Sapindales</i>	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Rutaceae</i>	<i>Rutaceae</i>
Genre	<i>Citrus</i>	<i>Citrus</i>

II.3.9. Melon

Une plante annuelle herbacée, le fruit est généralement volumineux dont le poids peut varier d'une vingtaine de grammes à plusieurs kilos, de forme ovale. Les tiges sont rampantes, assez longues munies de vrilles et les feuilles sont généralement entières ou légèrement lobées.

Tableau 18 : Classification de melon (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Cucumis melo</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Violales</i>
Famille	<i>Cucurbitaceae</i>
Genre	<i>Cucumis</i>

II.3.10. Avoine

Plantes annuelles graminées, C'est une monocotylédone à tige cylindrique portant des épillets de deux à trois fleurs. L'avoine peut produire des racines adventices au niveau des nœuds, son système racinaire peut s'enraciner jusqu'à plus de 1,5m (Husson et Al, 2012).

Tableau 19 : Classification d'avoine (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Avena sativa</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Avena</i>

II.3.11. Vesce

Plante annuelles, légumineuse, herbacée. Ces feuilles sont composées, ces fleurs formant un tube font 12 à 20mm de long, elles peuvent être violette et comme elles peuvent être blanche. C'est une plante autogame, polonisée par les insectes (**Husson O. et al, 2008**).

Tableau 20 : Classification de la vesce (Linné, 1753)

Nom scientifique	<i><u>Vicia sativa</u></i>
Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Genre	<i>Vicia</i>

II.4. Matériels**II.4.1. Appareillage**

- Les étuves ;
- Le four à moufle ;
- La balance ;
- La plaque chauffante,
- La spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme.

II.4.2. Réactifs

- HCL ;
- Acide nitrique 85% ;
- L'eau oxygénée ;
- L'eau distillée.

II.4.3. Verreries utilisées

- Bicher ;
- Les fioles jaugées ;
- Agitateur en verre ;
- Pipette graduée ;
- Éprouvettes gradués ;
- Entonnoirs ;
- Pissette ;
- Les creusets ;

- Pince en bois ;
- Tubes à essai ;
- Des étiquettes.

II.4.5 Les cultures utilisées

- La tomate ;
- L'aubergine ;
- Le poivron ;
- Les agrumes (citron, orange) ;
- Le blé ;
- Le melon ;
- L'haricot ;
- L'épinard ;
- Avoine et vesce-avoine.

Ainsi que le sol de chaque culture.

II.5. Méthodes**II.5.1. Échantillonnage**

À la station agricole, on a choisi le milieu de terrain, puis on a mesuré vers le haut et vers le bas 9m. Puis on a fait deux angles vers le haut et deux angles vers le bas pour avoir une forme hexagonale, afin d'obtenir un échantillon homogène du sol ainsi que la plante. À l'aide d'une benne à main en plastique on a prélevé le sol dans une profondeur de 3cm.

Conserver le sol dans un sachet en plastique et propre pour qu'il ne soit pas contaminé, et la plante dans un papier propre.

II.5.2. Préparation des échantillons**Plante**

Les différentes parties de la plante sont séparées (la feuille, la tige, le fruit).

Au niveau de laboratoire de recherche, les échantillons vont subir une série d'opérations.

Les plantes sont préalablement rincées à l'eau distillée à fin d'éliminer les fines particules de sol, puis séchées à 60°C dans une étuve pendant 24h pour la feuille et la tige, et pour le fruit 72h. À l'aide d'un broyeur, broyées toutes les plantes pour obtenir une poudre fine. Les échantillons sont tamisés avec une passoire en plastique.

II.5.3. Minéralisation et dosage**II.5.3.1. Minéralisation**

Avec une balance pesée 0.5g de chaque échantillon tamisé, on a mis les échantillons dans les creusets à 450°C dans un four à moufle, pendant 4h.

Allumer la haute, les cendres obtenues sont mises dans les fioles jaugées et minéralisées par :

Tableau 21 : Comparaison entre les deux protocoles

Protocole 01	Protocole 02
0.5g d'échantillons avec 5ml d'acide nitrique 85% +2 ml d'eau oxygéné	0.5g d'échantillons avec 1ml d'acide nitrique +3ml d'HCL

Protocole 01

- Après la minéralisation, chauffée dans une étuve à 150°C pendant 2h ;
- Ajouter une petite quantité d'eau distillée ;
- Préparer une éprouvette graduée et un entonnoir avec le papier filtre afin de diluée la solution ;
- Verser chaque solution dans l'éprouvette sur le papier filtre et dilué 5 fois avec l'eau distillé (5ml).
- Mettre la solution dans les tubes à essai et les étiqueter.

Protocole 02

- Garder la solution 24h comme elle est ;
- Après 24h, ajouter un peu d'eau pour la solution ;
- Préparer une éprouvette graduée et un entonnoir avec le papier filtre afin de diluée la solution ;
- Verser chaque solution dans l'éprouvette sur le papier filtre et dilué 5 fois avec l'eau distillé (5ml).
- Mettre la solution dans les tubes à essai et les étiqueter.

Le sol

Laisser les sols échantillonner sécher pendant une nuit.

À l'aide d'une balance peser 200g de chaque échantillon et les mettre dans les creusets à 450°C dans une étuve pendant 4h.

Afin d'obtenir une poudre fine, les échantillons sont tamisés avec deux tamis à trous rond de diamètres (1mm et 200 μ m).

Pour le protocole de minéralisation du sol c'est le même que celui de la plante.

II.5.3.2. Dosage des métaux lourds

Les échantillons obtenus après la minéralisation ont été dosé par spectrométrie d'absorption atomique à flamme au laboratoire de génie des procédés U.A.M.B.

Spectrométrie d'absorption atomique à flamme

Est une technique de spectroscopie atomique qui sert à déterminer la concentration des éléments métallique dans un échantillon. Ceux-ci sont atomisés à l'aide d'une flamme alimentée d'un mélange de gaz ou d'un four électromagnétique (Waterlot Ch, 2010).

La spectroscopie basée sur l'analyse des rayonnements électromagnétiques se traduisant par un spectre d'absorption du gaz dans des longueurs d'onde spécifiques. Ces méthodes utilisent l'absorption dans le visible, l'ultraviolet et l'infrarouge, mesurée grâce au spectromètre (Pinta, 1980).

L'élément à doser doit être en solution diluée. La spectrométrie permet en effet un dosage d'élément sous forme de traces (parties par million ou mg/l). La lampe à utiliser doit émettre des photons dont l'énergie correspond à l'excitation d'un atome (lampe à cathode creuse mono-élément) (Nakib, 2010).

Préparation des courbes d'étalonnage

Nous avons utilisé la méthode qui consiste à préparer en premier la solution mère avec une concentration de 1g/l, à partir de cette dernière on a préparé une série de solutions filles avec des concentrations bien déterminé par dilutions successives. Celles-ci sont ensuite analysées par la SAA, si la courbe est juste on passe au dosage des échantillons minéralisés.

Préparation des solutions mères

Tableau 22 : Méthode de la préparation de la solution mère

Poudre utilisé	Quantité de poudre utilisée dans 1 g/l
Sulfate de zinc : (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)	4.40g
Nitrate de cadmium : Cd(NO ₃) ₂ ·H ₂ O	2.74g
Sulfate de plomb : (PbSO ₄)	1.46g
Sulfate de cuivre : (CuSO ₄ ·5H ₂ O)	3.93g

On a dilué la solution mère 10 fois : (on a pris 10ml de la solution mère + 0.5ml d'acide nitrique puis on a complété avec l'eau distillée jusqu'à au trait jaugé), pour faciliter la manipulation et pour des résultats fiables pour les étalons. À partir de cette solution fille de 100ml on a fait la dilution des étalons (chaque métal avec le nombre des étalons qui lui convient), suivant la formule suivante : $C1.V1=C2.V2$

C1 : concentration de la solution fille (100mg/l)

V1 : volume de la solution fille

C2 : concentration de la solution diluée « étalons »

V2 : volume de la solution diluée (100ml)

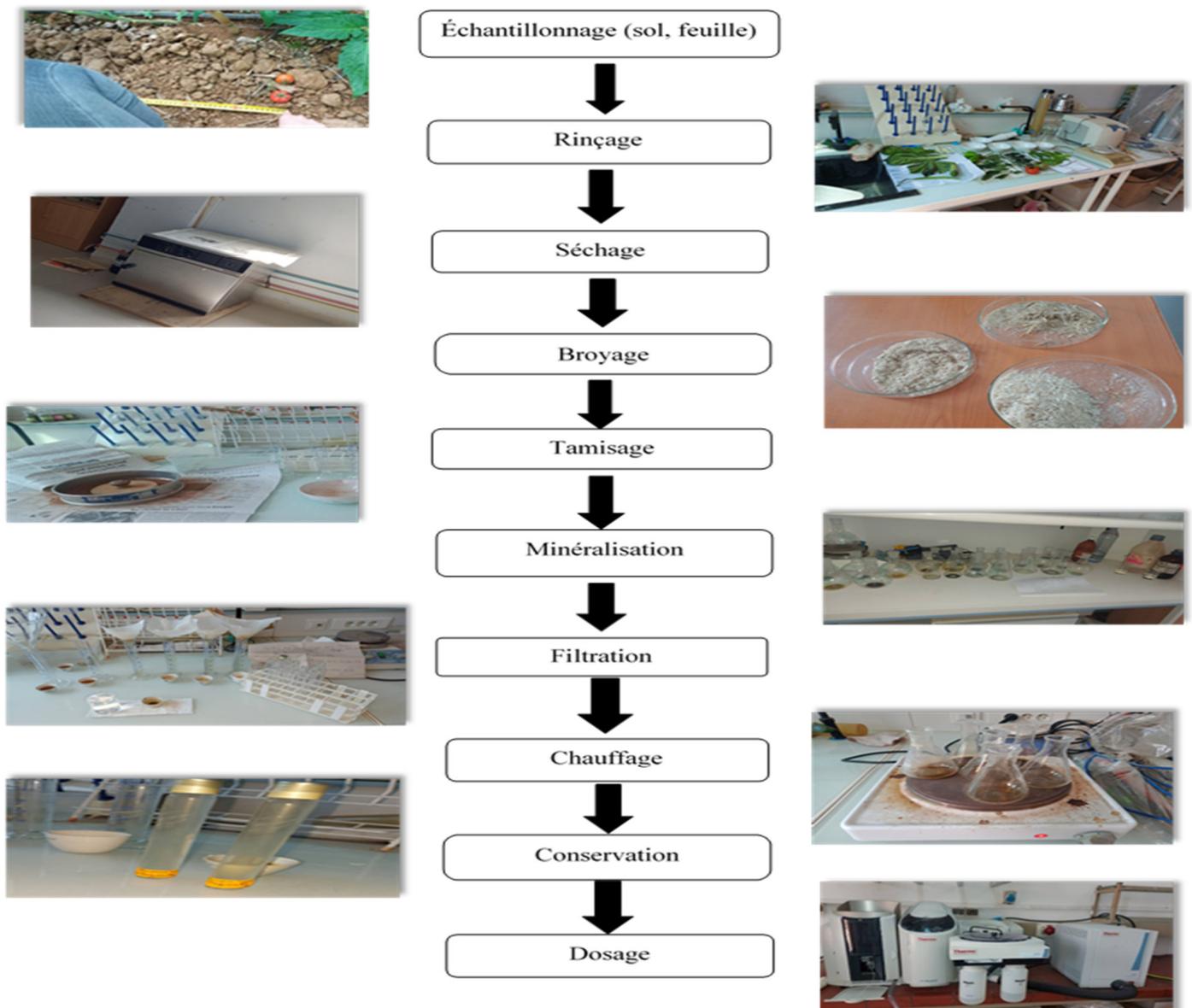


Figure 04 : Schéma de toutes les étapes.

Chapitre III
Résultats et discussion

III.1 Résultat et discussion de dosage des métaux lourds :

III.1.1 Résultats et interprétation :

Dès la réception des solutions au laboratoire de génie des procédés U.A.M.B, on a commencé à faire le dosage par la SAA. Les résultats obtenus sont représenté comme suite :

Tableau 23 : Résultat de dosage des métaux lourds (Cu, Pb, Zn, Cd) dans le sol

Stations	Culture	Sol, concentration (mg/L)			
		Cu	Pb	Zn	Cd
S01 : Tazmalt	Blé	0.23	0.38	4.03	0
	Poivron	0.21	0.69	1.35	0
	Tomate	0.35	0	0.98	0
	Haricot	0	0.09	0.58	0
	Moyenne	0.19	0.29	1.74	0
S02 : Akbou	Poivron	0.06	0.15	2.34	0
	Aubergine	0.17	0.51	2.47	0
	Tomate	0.16	1.02	0.88	0
	Moyenne	0.16	0.56	1.90	0
S03 : Ouzellaguen	Melon	0.02	0	5.40	0
	Tomate	0.21	0.15	4.19	0
	Poivron	0.01	0.51	1.30	0
	Agrume	0.30	0	3.68	0
	Moyenne	0.14	0.17	3.64	0
S04 : Village agricole	Epinard	0.003	0	0.49	0
	Agrume	0.19	0	1.50	0
	Courgette	0.02	0	1.59	0
	Moyenne	0.07	0	1.19	0
S05 : El Kseur	Tomate	0.14	0.38	0.55	0
	Poivron	0.31	0	1.02	0
	Moyenne	0.23	0.19	0.79	0
S06 : INRA Bejaia (Non traité)	Vesce et avoine	0.08	2.19	1.37	0
	Moyenne	0.08	2.19	1.37	0

Tableau 24 : La moyenne, l'écartype et la variance des ETM dans l'ensemble : sol, tige, feuille et fruit

Dans notre zone d'étude Bejaïa « 06 stations », tous les métaux recherchés sont : Cuivre, Plomb, Zinc, Cadmium sont retrouvés dans les échantillons étudié (sol, tige, feuille, fruit) à des concentrations hétérogènes. Sachant qu'on a jumelé les moyennes des concentrations de l'ensemble du sol, tige, feuille, fruit dans chaque station séparément pour avoir la moyenne utilisée dans le tableau 27.

BEJAIA 2021	SOL				Tige				Feuille				Fruit			
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd
S1	0.1 9	0.2 9	1.7 4	0	0.2 8	0.0 1	2.0 3	0	0.1 7	0	2.2 3	0	0.2 2	0	3.2 2	0
S2	0.1 6	0.5 6	1.9	0	0.1 2	0	1.7 3	0	0.2 6	0	3.3 7	0	0.0 2	0	2.3 7	0
S3	0.1 4	0.1 7	5.6 4	0	0.2 5	0.0 2	2.4 9	0	0.1 4	0	2.2 4	0	0.0 3	0	0.4	0
S4	0.0 7	0	1.1 9	0	1.0 4	0.0 13	2.6 8	0	2.4 2	0	3.2 4	0	0.3 7	0.1 6	1.4	0
S5	0.2 3	0.1 9	0.7 9	0	3.6 8	0	0.8 8	0	5.2 1	0	1.1 2	0	0.4 7	0	4.0 2	0
S6	0.0 8	2.1 9	1.3 7	0	0	0.1	2.9 2	0	0.0 1	0.1 1	2.4 6	0	0.0 3	0.0 5	2.3 1	0
Moyenne	0.1 5	0.5 7	1.8	0	0.9	0.0 2	2.1 2	0	1.3 7	0.0 2	2.4	0	0.1 9	0.0 4	2.2 9	0
Ecartype	0.0 6	0.8 2	1.7 8	0	1.4 1	0.0 4	0.7 5	0	2.0 4	0.0 4	0.8 2	0	0.2 6	0.0 8	1.2	0
Variance	0.0 04	0.67	3.16	0	3.28	0.00 1	0.56	0	4.38	0.00 2	0.56	0	0.04 4	0.00	1.65	0

Résultats et interprétation :

Cuivre

Les résultats que nous avons obtenus dans cette étude sont représentés comme suit :

Au niveau de la station 05 : EL-kseur, nous avons observées la concetration la plus élevés en cuivre (5.21mg/L) dans la feuille. Le moins contaminé par le cuivre c'est la 6ème station : INRA Bejaia, 0.03mg/L.

Sol : le cuivre dans le sol est observé dans la station 05 : El-kseur, avec une concentration de 0.23 mg/L. Cependant il est présent en faible concentration dans la station 04 : Village agricole, 0.07 mg/L.

Tige : Le cuivre est présent en grande concentration dans la station 05 : El-kseur, avec 3.68mg/L. En revanche la plus faible concentration a été notée au niveau de la station 02 : Akbou, avec 0.12 mg/L. Dans la station 06 : INRA de Bejaia est absent.

Feuille : Ce métal a été observé en grande concentration au niveau de la station 05 : El-kseur, avec une concentration de 5.21 mg/L. Cependant la plus faible concentration est notée au niveau de la station 06 : INRA Bejaia avec 0.01 mg/L

Fruit : Une concentration un peu élevée a été détecté dans la station 05 : El-Kseur, avec une valeur de 0.47 mg/L. La plus faible concentration est observée dans la station 02, avec 0.02mg/L.

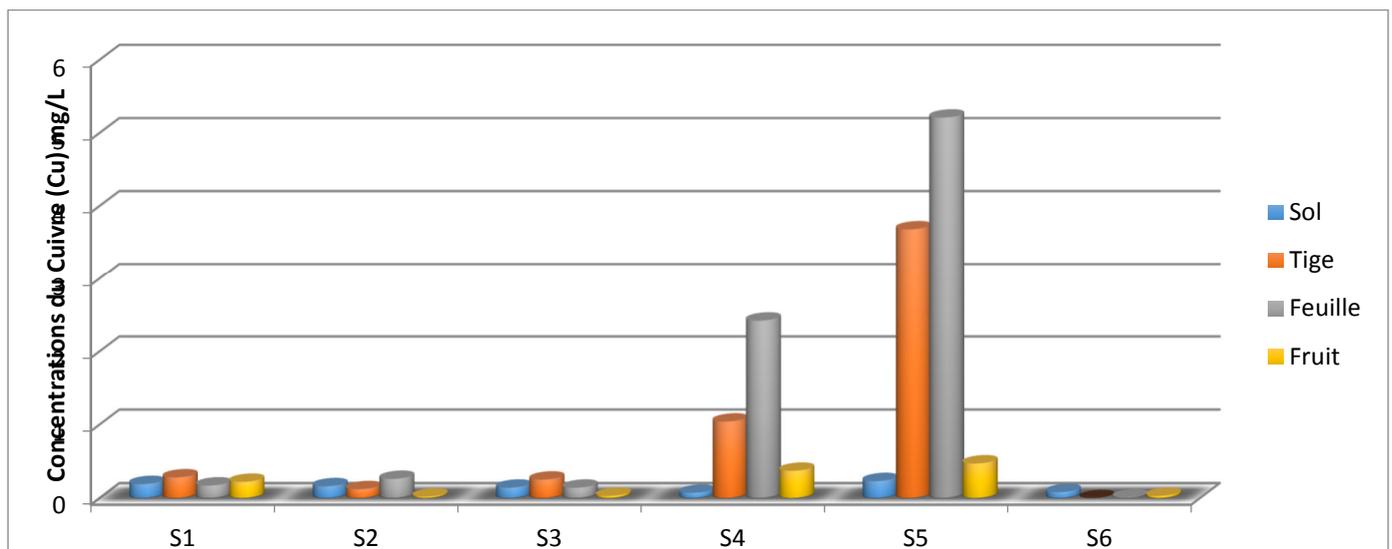


Figure 05 : Variation spatiale des teneurs de Cuivre au niveau des sols, tige, feuille, fruit dans la zone agricole de Bejaia

Plomb

La concentration maximale est enregistrée dans la station 06 : INRA de Bejaia, avec une concentration égale 2.19 mg/l dans le sol sachant que c'est un sol non traité. La station 04 : Ouzellaguen, représente la plus faible concentration en Plomb 0.04 mg/L.

Le sol : Le plomb est présent en grande concentration dans la station 06 : INRA de Bejaia, avec une concentration de 2.19 mg/L (sol non traité). La plus faible concentration a été détectée au niveau de la station 03 : Ouzellaguen, avec une concentration 0.17 mg/L. dans la station 04 : village agricole, il est totalement absent.

La tige : Ce métal a été observé en faible concentration au niveau de la station 06 : INRA de Bejaia, avec 0.1 mg/L. Il est totalement absent dans les stations 02 : Akbou et 05 : El-kseur, avec 0 mg/L.

Feuille : Le Plomb est présent avec une concentration dans la station 06 : INRA de Bejaia, 0.11 mg/L. Dans les autres stations il n'est pas présent.

Fruit : Le plomb a été noté avec une concentration un peu plus élevée au niveau de la station 04 : Village agricole, avec 0.16 mg/L. Il est présent en faible concentration dans la station 06 : INRA Bejaia, avec 0.05 mg/l, les autres stations est pas présent.

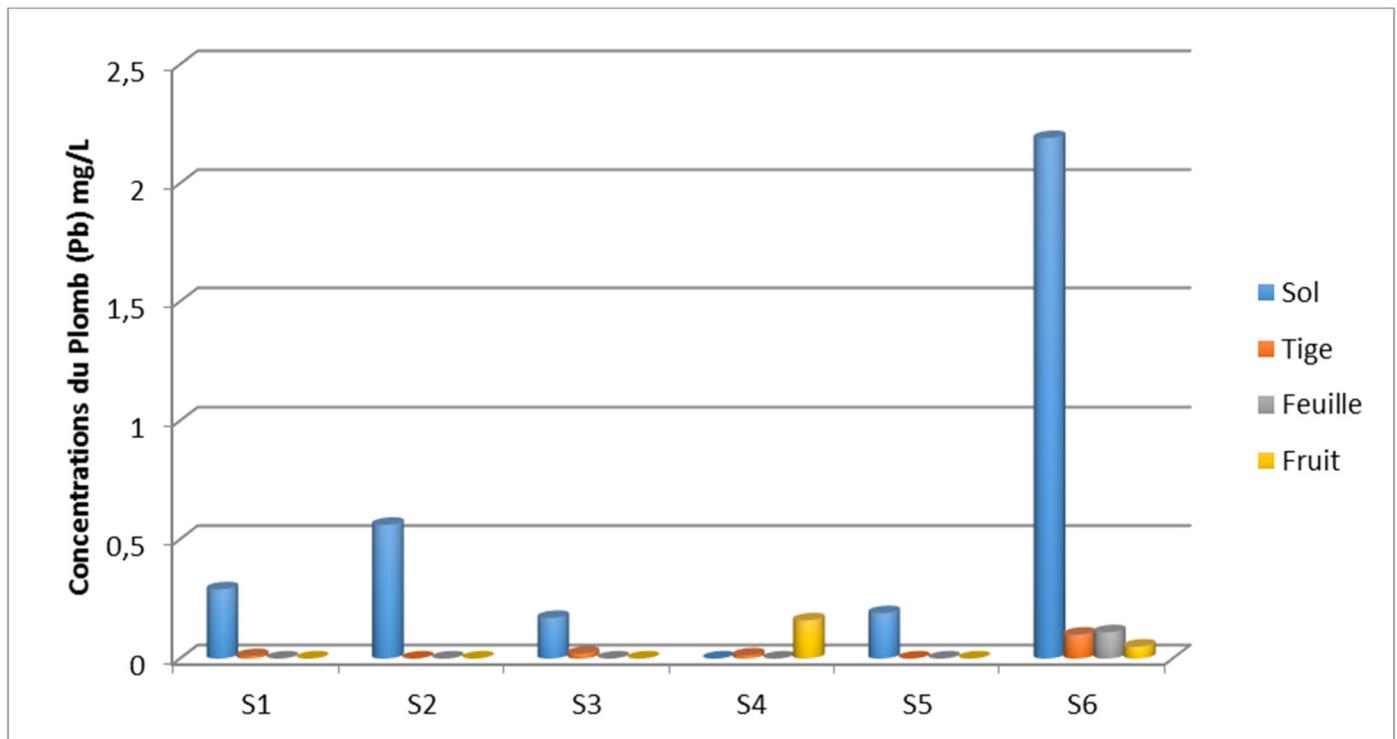


Figure 06 : Variation spatiale des teneurs de plomb au niveau des sols, tige, feuille, fruit dans la zone agricole de Bejaia

Zinc

La teneur la plus élevée en Zinc a été détectée au niveau de la station 03 « Sol » : Ouzellaguen avec une concentration 5.64 mg/L. Cependant la concentration la plus faible de ce contaminant a été notée à la station 05 : El-kseur, 0.79mg/L.

Le sol : le zinc est présent en grande concentration au niveau de la station 03 : Ouzellaguen, avec 5.64 mg/L. Mais il est présent en faible concentration au niveau de la station 05 : El-kseur, avec 0.79mg/L.

La tige : il est présent en grande concentration dans la station 06 : INRA Bejaia, avec 2.92mg/L. Par contre il est en faible concentration au niveau de la station 05 : El-kseur, avec 0.88 mg/L.

Feuille : il est présent en grande concentration au niveau de la station 02 : Akbou, avec une valeur 4.37 mg/L.

Fruit : Le zinc est présent avec une grande quantité dans la station 05 : El-kseur, notée 4.02 mg/L. Cependant au niveau de la station 03 : Ouzellaguen, en faible concentration 0.4mg/L.

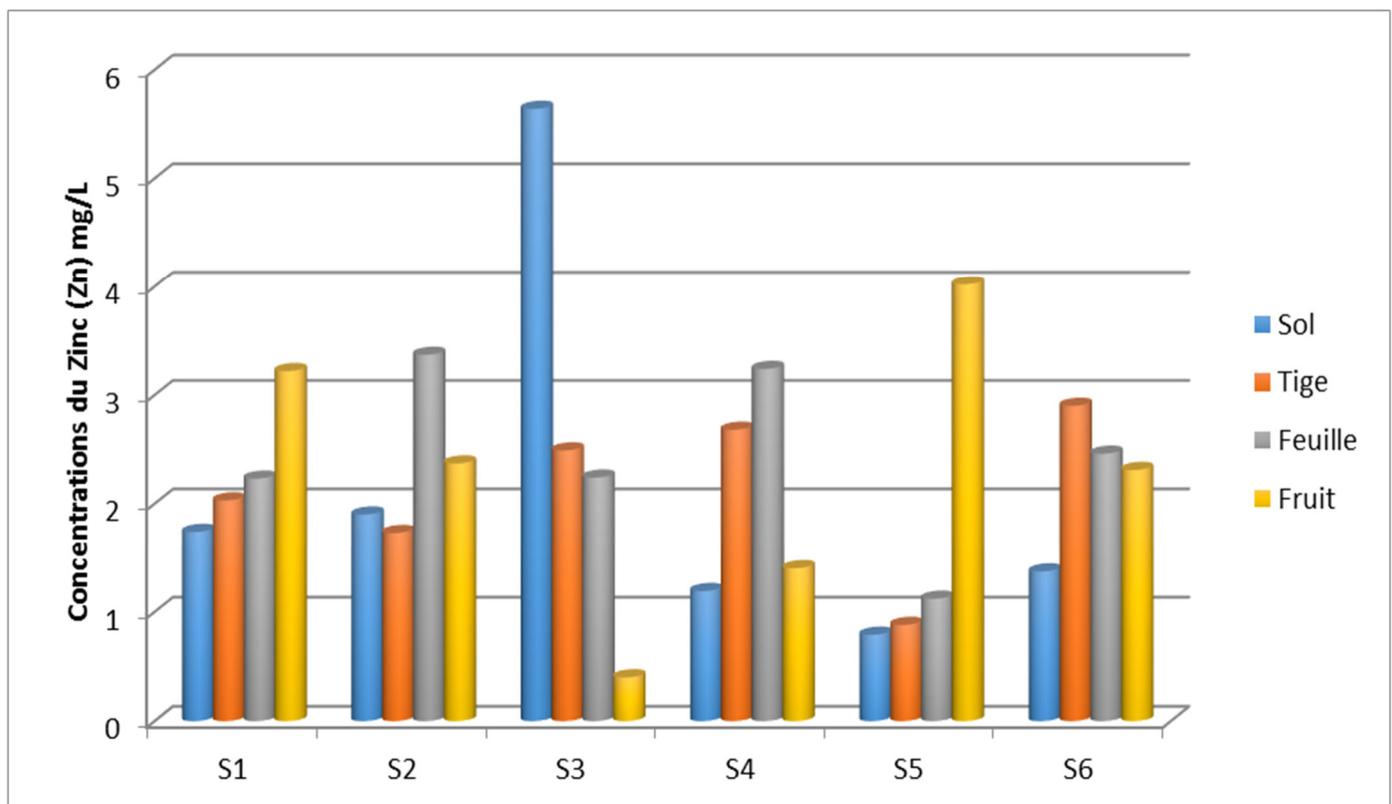


Figure 07 : Variation spatiale des teneurs de plomb au niveau des sols, tige, feuille, fruit dans la zone agricole de Bejaia

Cadmium

Aucune trace de cadmium n'a été observée dans toutes les stations, pendant les analyses effectuées sur les échantillons prélevés. Donc on constate que les stations n'ont pas été contaminées.

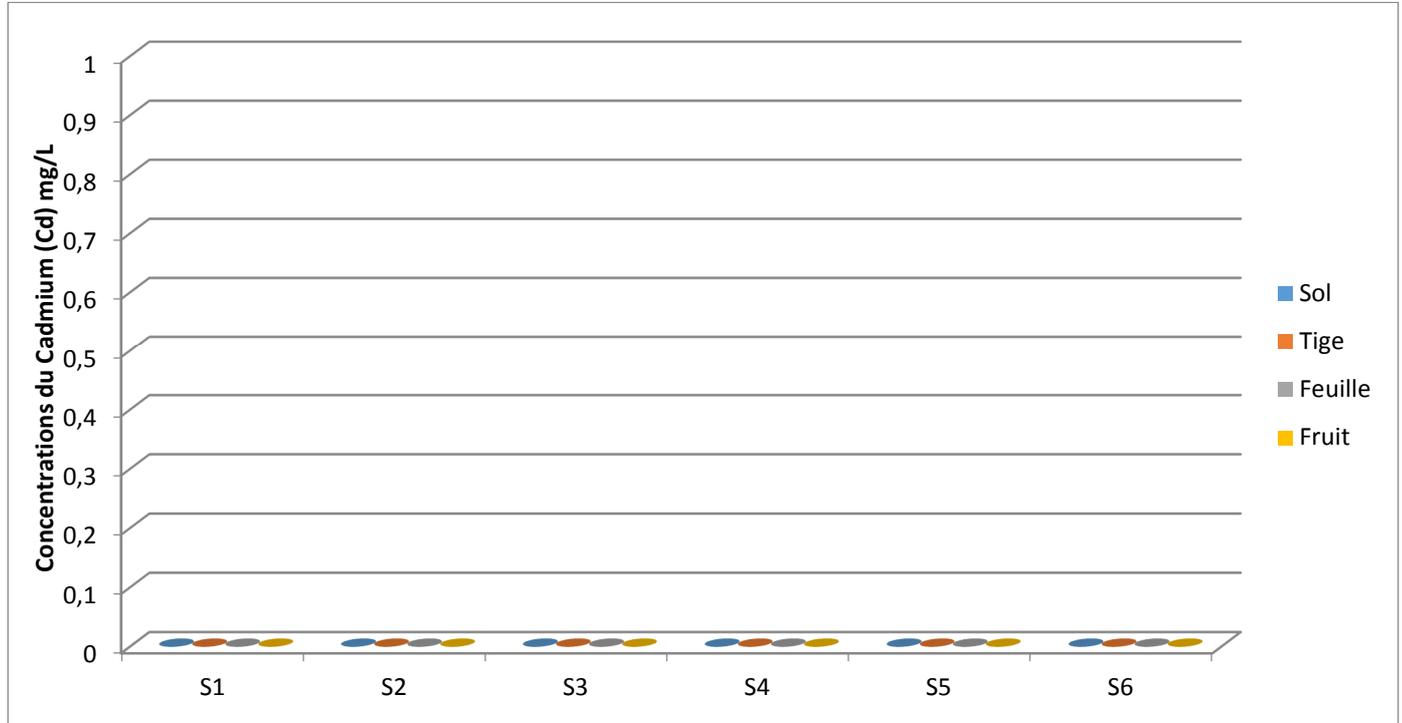


Figure 08 : Variation spatiale des teneurs de cadmium au niveau des sols, tige, feuille, fruit dans la zone agricole de Bejaia

III.1.2. Concentrations et contamination des produits végétaux :

Le diagnostic de danger d'un produit végétal récolté se formalise par le rapport :

Concentration mesurée/ concentration maximale réglementaire (CMR) ou concentration mesurée /concentration maximale recommandée (CMREC). On considère le danger de contamination comme avéré si le rapport est supérieur à 1 pour confirmer la contamination de la tomate par les métaux lourds (Cuivre, Plomb, Zinc et Cadmium), on a appliqué le rapport **Concentration mesurée (Cmes)/ concentration maximale réglementaire (CMR)** sur les résultats qui on a obtenue à partir de dosage des métaux lourds. Les résultats obtenus sont représentés respectivement dans le tableau suivant :

Sachant qu'on a pris seulement l'exemple de la tomate qu'on a échantillonné dans les stations : 01, 02, 05, comme c'est la seule culture en commun entre ses stations.

Tableau 25 : Résultat de la bioaccumulation des éléments métalliques dans les échantillons

Le diagnostic de danger d'un produit végétal récolté se formalise par le rapport :

Concentration mesurée/ concentration maximale réglementaire (CMR)

On considère le danger de contamination comme avéré si le rapport est supérieur à 1. Afin de confirmer la contamination de nos échantillons par les métaux lourds (Cuivre, Plomb, Zinc et Cadmium), on applique le rapport Concentration mesurée (Cmes)/ concentration maximale réglementaire (CMR) sur les résultats qui on a obtenue à partir de dosage des métaux lourds. Les résultats obtenus sont représenté respectivement dans le tableau 28.

	Échantillons	Cuivre (mg/L)	Cmes/CMR	Plomb (mg/L)	Cmes/CMR	Zinc (mg/L)	Cmes/CMR	Cadmium (mg/L)	Cmes/CMR
S01 :	Tige	0.281	0.00028 <1	0.01	0.0001 <1	2.03	0.0068 <1	0	0
	Feuille	0.17	0.0017 <1	0	0 <1	2.23	0.0074 <1	0	0
	Fruit	0.22	0.0022 <1	2.37	0.00237 <1	0.4	0.0013 <1	0	0
S02 :	Tige	0.12	0.0012 <1	0	0 <1	1.73	0.0057 <1	0	0
	Feuille	0.26	0.0026 <1	0	0 <1	4.37	0.0145 <1	0	0
	Fruit	0.02	0.0002 <1	0	0 <1	2.37	0.0079 <1	0	0
S05 :	Tige	3.68	0.0368 <1	0	0 <1	0.88	0.003 <1	0	0
	Feuille	5.2	0.052 <1	0	0 <1	1.12	0.004 <1	0	0
	Fruit	0.47	0.0047 <1	0	0 <1	4.02	0.013 <1	0	0

Discussion :

Selon le tableau et l'histogramme de la figure 11 et le tableau 29 : La concentration en cuivre est plus élevée dans les feuilles (moyenne des feuilles dans une seule station) que celle du sol, tige, fruit dans la station 05 : El-kseur. On constate que les cultures de cette station accumulent le cuivre dans les feuilles.

L'étude de l'ensemble des stations d'après l'histogramme de la figure 12 et le tableau 29 ont montrés, des teneurs en Plomb plus élevés dans le sol tandis que dans les parties aériennes elles sont abondantes, alors le plomb s'accumule en faible concentration.

La teneur en métaux (Pb, Zn et cd) des sols (**Baba Ahmed et Bouhadjera, 2010**) est très élevée que celle des parties aériennes. Ceci prouve le rôle des racines dans la protection de la plante.

La station 06 : INRA de Bejaia, le sol n'est pas traité qui veut dire que le sol n'a jamais été touché par des produits phytosanitaires ou les engrais chimiques, mais on a quand même détecté la présence des métaux (cuivre, plomb, zinc). On conclut que ces métaux peuvent être présent naturellement dans le sol selon la composition de la roche mère ou bien ils peuvent être issu des activités anthropiques source de diverse pollutions (pollution urbaine) en vue de sa proximité de la zone urbaine.

D'après l'histogramme de la figure 13 et le tableau 29, l'accumulation de zinc est plus importante dans le sol (la moyenne des sols de chaque échantillon) dans la station 03 : Ouzellaguen. Ensuite elles sont aussi présentes avec des grandes concentrations au niveau des parties aériennes (Tige, feuille, fruit) ce qui veut dire qu'il y a un transfert de zinc du sol aux parties aériennes.

Le Cadmium est totalement absent dans tous les échantillons de toutes les stations.

Conclusion

Conclusion

Notre étude nous a permis d'accéder à des connaissances fines sur le devenir des quatre polluants métalliques (Cu, Cd, Zn et Pb) au niveau de quatre matrices écologiques : Sol, tige, feuille, fruit. Cette étude a permis d'évaluer la contamination des sols par les métaux lourds, et leurs transferts vers la végétation.

Dans les six régions étudiées, seulement trois éléments ont été détectés pendant l'analyse des échantillons (dosage) : le plomb, le zinc et le cuivre. Cependant les teneurs en cadmium n'ont pas été enregistrés, ce qui nous amène à dire que les stations étudiées ne n'ont pas été contaminées par le cadmium.

Il ressort également de cette étude, une contamination par le cuivre sont très importante au niveau des feuilles, dans la station 05 : El-kseur. Une contamination par le Plomb plus élevés dans les sols de la station 06 : INRAA de Bejaia. Egalement une concentration par le zinc au niveau de sol de la station 03 : Ouzellaguen.

L'évaluation du degré de contamination des sols par les métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd) dans la zone agricole urbaine de BEJAIA montre en général que les teneurs en métaux enregistrés des sols et les cultures végétales sont nettement inférieures aux normes.

Ont conclue par cette étude que la pollution urbaine en plus des pratiques agricoles inappropriées, et les unités industrielles localisées dans les zones industrielles de Bejaia peuvent être les principales causes des cultures maraîchères dans notre zone d'étude.

Dans le cadre d'approfondir et d'achever ce travail, il conviendra de poursuivre les investigations sur le degré de contamination de la zone agricole de Bejaia :

- L'installation d'un réseau de contrôle et d'analyse de l'évolution des polluants ;
- Développer des stratégies de protection de cultures d'environnement ;
- L'installation d'un réseau de surveillance de la qualité de milieu agricole ;
- L'installation des stations de traitement des eaux usées et industriels ;
- Traitement des eaux de ruissellement ainsi que pluviale des milieux agricoles.

Les perspectives qui se dégagent du présent travail sont :

- Poursuivre ce type d'étude, et la réalisation des dosages sur d'autres métaux.

Références bibliographiques

A

ACADEMIE DES SCIENCES ,1998. Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leurs gestions ; Rapport n°42 Août.

ADRIANO D (2001). Trace éléments in terrestrial environnement: Biochemistry, bioavailability and riskis of metals, 2nd Edution. New York: Spinger- Varlag

AFNOR ,1988. Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols. Paris-La Défense, sept 1988.

ALI LOUKKAS (conception) ET AL,.Atlas des parcs nationaux algériens, Théniet El Had, Parc national de Théniet El Had, **2006**, 92 p.

ATSDR (2007). Toxicological Profile for Lead. In ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, [En ligne]. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf> (Page consultée le 14 janvier 2012).

B

BABA AHMED A., 2012. etude de contamination et d'accumulation de quelques métaux lourds dans des céréales, des légumes et des sols agricoles irrigués par des eaux usées de la ville de hammam bouhrara

BAIZE, D. (1997). Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France): Références et stratégies d'interprétation. Programme ASPITET. Editions Quae

BEHANZIN G. J., ADJOU E.S., YESSOUFOU A.G., DAHOUE NON A.E. et SEZAN A., 2014. Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, Journal Applied Biosciences, Vol 83, pp 7499-7505.

BELANGER, DAVID. Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Maître en biologie internationale : maitre en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada. Août 2009 ,67p.

BENDADOUCHE H, LAZIZI S., Le bâti et le sol, Séminaire sur l'urbanisme à bejaia, **1999.**

BLUM WE.1990. Pollution des sols par métaux lourds. Sixième conférence ministérielle européenne sur l'environnement. Bruxelles.

BOULKRAH H., 2008. Etude comparative de l'absorption des ions plomb sur différents absorbants. *Thèse.* Université de 20 aout 1955 Skikda. 356 P.

BOURRELIER.P.H, BERTHELIN.J.(2008). Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Rapport n°42 à l'Académie des Sciences. Paris, France : Lavoisier Tec & Doc, p440.

C

CLAUDE CHAUX ET CLAUDE FOURY, Production légumières, tome 3 : légumineuses potagères, légumes fruits, Tec & Doc - Lavoisier, Paris **1994**, p. 125-153.

D

DING, C., ZHANG, T., WANG, X., ZHOU, F., YANG, Y., HUANG, G., 2013. Prediction Model for Cadmium Transfer from Soil to Carrot (*Daucus carota* L.) and Its Application to Derive Soil Thresholds for Food Safety. *J. Agric. Food Chem.* 61.

E

ÉRIC BIRLOUZ, Petite et grande histoire des légumes, Versailles/impr. en Suisse, Quæ, coll. « Carnets de sciences », **2020**, 175 p., Une fabuleuse diversité, « L'épinard, légume de carême », p. 52-54.

F

FAO. 1988. Culture protégée en climat méditerranéen. *Foods and Agriculture Org.*, 317p.

H

HAMMADI, Y., Cartographie géotechnique des risques de Glissements (CRG) et des risques d'Inondation (CRI) de la ville de Bejaia, Thèse de magistère.A.Mira Bejaia, **2011**.

HEALTH CANADA (1992). Le cuivre. Technical Report 5.

HOPKIN S.P., « Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates ». Elsevier, Applied science, NY, USA. (1989), p366.

HUSSON O., CHARPENTIER H., MICHELLON R., RAZANAMPARANY C MOUSSA N., ENJALRIC F., NAUDIN K., RAKOTONDRAMANANA, SEGUY L., 2012 : Avoine *Avena sativa* et *Avena strigosa* ; Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses annuelles. Manuel pratique **du semis direct à Madagascar**. Volume III. Chapitre 3. § 1. P : 2-3.

HUSSON O., CHARPENTIER H., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., MICHELLON R., NAUDIN K., RAKOTOARINIVO C., RAKOTONDRAMANANA, SEGUY L. : Vesce velue : *Vicia villosa* ; Fiches Techniques plantes de couverture : Légumineuses annuelles. 2p.

HUYNH D. 2009. Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ microflore tellurique. *Thèse de doctorat.* Université Paris Est. 169 P.

J

JEAN CARSIGNOL, « La pollution des sols et des végétaux à proximités des routes ; les éléments traces métalliques » service d'études des routes et des autoroutes. Référence : 0429w – ISSN : 1250-8675. (2004)

K

KABATA-PENDIAS A., et PENDIAS H., 2001. Trace elements in soils and plants. 3rd CRC Press, Boca Raton, London, New-York, Washington D.C.

L

LARRY E. JOHNSON,, MD, PhD, University of Arkansas for Medical Sciences (2020).

LAUWERYS RR. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles : Cadmium. – 4 e édition. Paris:Masson, 1999 ; pp. 171-188.

LAUWERYS RR. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, Cadmium, 3^e édition, Masson, 1997 ; p136-149.

PHSEOLUS VULGARIS L., E. DAGBA, REV. CYTO. Les facteurs du milieu, notamment la température, et le port du haricot, Bio. végét. -Bot., **1988**, p 11,85-112.

LOUE.A. (1993). Oligo-éléments en agriculture. Ed. Nathan, p45-177.

M

MARTIN-GARIN A (2000). Méthodologie d'étude et modélisation du transport des éléments traces dans les acquières. Application à la migration du Cadmium dans un milieu saturé riche en calcite. Thèse de doctorat, Université Grenoble 1.

MCKENZIE A.B. (1997). Isotope evidence of the relative retention and mobility of lead, and radiocesium in Scottish ombrotrophic peats. The science of the total environment, vol.203,2, p. 115-127.

MICHEL PITRAT ET CLAUDE FOURY, Histoires de légumes : des origines à l'orée du XXI^e siècle, Paris, INRA, **2003**, 410 p, « Piments », p 284.

MOKHTAR KHELADI, Urbanisme et systèmes sociaux : la planification urbaine en Algérie, Office des publications universitaires, **1^{er} janvier 1993**.

N

N. WELTY, C. RADOVICH, T. MEULIA, AND E.VAN. Der knapp, inflorescence development in two tomato species. Canadian journal of Botany 85(1): 111-118 (**2007**).

N, F.A., SMITH, S.R., ALLOWAY, B.J., CARLTON-SMITH, C., CHAMBERS, B.J., 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Sci. Total Environ. 311, 205–219.

O

OTMANI H., « Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates ». Thèse de Doctorat en Toxicologie, Université Badji Mokhtar - ANNABA. (2018), p7.

P

PINTA.M. (1980). Spectrométrie d'absorption atomique. Applications à l'analyse chimique. Paris, Masson, 2^eme édition, 2 p696

S

SHALLARI S., SCHWARTZ C., HASKO A. ET MOREL J.L. 1998. Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania. The Science of the Total Environment, 209 : 133-142.

SPAQUE (2015). Fiche environnementale : cadmium.

T

STERKEMAN T, CIESIELSKI H, BAIZE D, BERAUD J, BISPO A, (2009). Des seuils pour le diagnostic de la phytodisponibilité des éléments en traces. INRA, ADEME, APCA. France.

TOMAS, J., ÁRVAY, J., TOTH, T., 2012. Heavy metals in productive parts of agricultural plants. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 1, 819.

TREMEL-SCHAUB, A. AND FEIX, I. (2005). Contamination des sols - Transferts des sols vers les plantes.

W

WATRLOT CHRISTOPHE, « Évaluation des effets d'une lampe à cathode creuse pulsée à courant variable sur les interférences spectrales de l'arsenic dans le dosage du cadmium par spectrophotométrie d'absorption atomique », *Rev. can. genie civ.*, **2010**.

Z

ZOUGGAGHE, MOUNI ET TAFFER, « Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam. (Nord de l'Algérie). », *Larhys Journal*, n° 17, **mars 2014**, p. 21-33.

Annexes

Tableau A1 : la courbe d'étalonnage du Zinc (Zn)

Étalons	Concentrations (mg/L)	Abs
1	0.1	0.11
2	0.3	0.06
3	0.5	0.182
4	1	0.178
5	1.5	0.27
6	2	0.37
7	3	0.51
8	3.5	0.57
9	4	0.63
10	5	0.74

Tableau A 2 : la courbe d'étalonnage du Plomb (Pb)

Étalons	Concentrations (mg/L)	Abs
1	1.5	0.01
2	3	0.01
3	4	0.02
4	5	0.02

Tableau A3 : Matériels utilisés dans le protocole expérimental

Matériels utilisés	Appareillage utilisés	Réactifs
Broyeur	Balance de précision	Eau distillée
Becher	Étuve	Acide nitrique
Pipette	Four à moufle	L'eau oxygénée
Fiolle jaugée	Plaque chauffante	
Éprouvette	La hotte	
Entonnoirs	Spectrométrie d'absorption atomique	
Papier filtre		
Flacon		
Tubes		



Figure A1 : étuve



Figure A2 : four à moufle de type Nabert hem



Figure A3 : la spectrométrie d'absorbance atomique à flamme (SAA)

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

Chapitre I: Généralités sur les métaux lourds

I.1. Définitions et quelques notions.....	3
I.1.1. Les métaux lourds	3
I.2. Classification des métaux lourds	4
I.2.1. Les métaux essentiels (ou oligo-éléments) :.....	4
I.2.2. Les métaux toxiques (non essentiels) :	4
I.3. Les sources des métaux lourds.....	5
I.3.1. Les sources naturelles	5
I.3.2. Les sources anthropiques	5
I.4. Les sources de contamination des sols agricoles en ETM.....	6
I.5. La particularité et Toxicité des ETM (éléments traces métalliques).....	7
I.5.1. Le Plomb (Pb).....	7
I.5.2. Le Cadmium (Cd)	8
I.5.3. Le Cuivre (Cu).....	9
I.5.4. Le Zinc (Zn).....	10
I.6. Les métaux lourds dans la végétation	11
I.7. Besoin de plantes en éléments minéraux et leur rôle dans la physiologie végétale.....	11
I.8. Transfert sol-plante :	12
I.9. Les Normes réglementaires des métaux lourds :	13

Chapitre II: Matériels et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude.....	14
II.1.1. Situation géographique.....	14
II.1.2. Données physiques	15

II.1.2.1. Reliefs.....	15
II.1.2.2. Aperçue géologique.....	15
II.1.2.3. Aperçue pédologique.....	15
II.1.3. Donnés climatiques	16
II.1.4. Activité agricole	17
II.1.5. Choix des zones d'études	17
II.2. Présentation des stations d'échantillonnage	17
II.2.1. El-kseur.....	17
II.2.2. Village socialiste agricole.....	17
II.2.3. Ouzellaguen.....	18
II.2.4. Akbou	18
II.2.5. Tazmalt.....	18
II.3. Classification des plantes.....	19
II.3.1. La tomate	19
II.3.2. Poivron.....	19
II.3.3 L'aubergine.....	19
II.3.4. Le blé	20
II.3.5. L'haricot	20
II.3.6. La courgette.....	21
II.3.7. L'épinard	21
II.3.8. Agrumes.....	21
II.3.9. Melon.....	22
II.3.10. Avoine	22
II.3.11. Vesce	23
II.4. Matériels	23
II.4.1. Appareillage	23
II.4.2. Réactifs.....	23
II.4.3. Verreries utilisées	23
II.4.5 Les cultures utilisées.....	24
II.5. Méthodes.....	24
II.5.1. Échantillonnage	24

II.5.2. Préparation des échantillons	24
II.5.3. Minéralisation et dosage.....	25
II.5.3.1. Minéralisation.....	25
II.5.3.2. Dosage des métaux lourds.....	26

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1 Résultat et discussion de dosage des métaux lourds :.....	28
III.1.1 Résultats et interprétation :	28
III.1.2. Concentrations et contamination des produits végétaux :	33
Conclusion.....	36
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Résumé

Les métaux lourds (ETM) sont des éléments chimiques métalliques biopersistants, présent naturellement dans la nature, ils ont un impact toxique sur la santé humaine, la végétation. Leur présence dans le sol ou l'environnement peut avoir plusieurs origines: naturelles (activité volcanique, incendies), anthropique (apport d'engrais, déchets industriels).

Dans la présente étude, on s'est intéressé à l'évaluation des concentrations des métaux lourds (ETM) (Pb, Cd, Zn, Cu) dans le sol et les parties aérienne des différentes cultures dans la zone agricole urbaine de Bejaia comptant principalement six stations (fermes), s'étendant de TAZMALT à OUED GHIR(INRA) ou a été prélevés des échantillons du sol, et les cultures végétales pour évaluer le degré de contamination du sol et les végétaux en ETM.

Dans ce cadre d'activité, on a effectué un dosage par la technique de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) dans le sol et les cultures maraîchères. Les résultats obtenus montrent une corrélation entre les concentrations (teneurs) des ETMs étudiés dans les stations et les teneurs dans les différentes parties des cultures végétales (tige, feuille, fruit). Les teneurs de cuivre, plomb, zinc ont été déterminés dans le sol, tige, feuille, fruit. Les résultats montrent que les échantillons ont montrés des teneurs inférieurs aux normes limites des stations étudiées. La contamination par le cuivre est très importante au niveau des feuilles, dans la station05 : El-kseur. Le Plomb plus élevés dans les sols de la station 06 : INRAA de Bejaia. Le zinc est important au niveau de sol de la station 03 : Ouzellaguen.

Cette étude nous a permis de conclure que l'accumulation des éléments traces métalliques dépend de l'espace et l'espèce étudié.

On peut dire que cette zone est contaminée et qu'il faut trouver des solutions afin de limiter les effets néfastes de cette dernière sur l'environnement et sur la santé humaine. Il est préférable de continuer les travaux de recherche sur d'autres axes d'étude pour mieux évaluer les risques de contamination.

Mots clés : Toxicité, éléments traces métalliques, évaluation des risque, contamination, dosage, sol, la spectrophotométrie d'absorption atomique, agriculture.

Abstract

Heavy metals (TMEs) are biopersistent chemical metallic elements, naturally present in nature, which have a toxic impact on human health and vegetation. Their presence in the soil or the environment can have several origins: natural (volcanic activity, fires), anthropogenic (fertilizer inputs, industrial waste).

In the present study, we were interested in the evaluation of the concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu) in the soil and the aerial parts of the various crops in the urban agricultural zone of Bejaia counting mainly six stations (farms), extending from TAZMALT to OUED GHIR (INRA) where samples of soil and vegetal crops were taken in order to evaluate the degree of contamination of the soil and the vegetal crops in TME.

Within this framework of activity, a dosage was carried out by the technique of atomic absorption spectrophotometry (AAS) in the soil and the vegetable crops. The results obtained show a correlation between the concentrations (levels) of the studied MTEs in the stations and the levels in the different parts of the plant crops (stem, leaf, and fruit). The contents of copper, lead and zinc were determined in the soil, stem, leaf and fruit. The results show that the samples showed levels below the limit standards of the studied stations. Copper contamination is very high in the leaves in station 05: El-kseur. Lead is higher in the soils of station 06: INRAA of Bejaia and zinc is important at the level of the soil of station 03: Ouzellaguen.

This study allowed us to conclude that the accumulation of metallic trace elements depends on the space and the species studied.

It can be said that this area is contaminated and that solutions must be found in order to limit the harmful effects of the latter on the environment and on human health. It is preferable to continue the research work on other areas of study to better assess the risks of contamination.

Key words: Toxicity, metallic trace elements, risk assessment, contamination, dosage, soil, atomic absorption spectrophotometry, agriculture.