

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master II académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie et Sécurité Alimentaire

Présenté par :

Amara Lamia

Boubakeur Samah

Chergui Nour El Houda

Thème :

*Contribution à l'étude de la toxicité par les métaux
lourds de quelques légumes cultivés en Algérie*

Soutenu publiquement le 30 Juin 2022

Jury:

Président: M^{me} Barouagui Soria

MCB Université Ibn Khaldoun

Promoteur : Mr RAHMOUNE Bilal

MCA Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Co-promotrice : M^{me} DAHLIA Fatima.

MCA Université Ibn Khaldoun

Examineur: Mr Negadi Mohamed

MCA Université Ibn Khaldoun

Année universitaire 2021– 2022

Remerciements

Nous remercions Dieu Le Tout Puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements aux personnes qui ont bien voulu encadrer ce travail : notre promoteur M^r RAHMOUNE B., et notre Co promotrice M^{me} DAHLIA F., d'avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre tout au long de la réalisation de ce mémoire par leurs esprits scientifiques de haut niveau, et par leurs caractères de noblesse incomparable, pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous adressons nos remerciements aux membres de jury : Mme BAROUAGUI S d'avoir accepté de présider le jury et Mr NEGADI M. pour le temps consacré dans l'examen et l'évaluation du travail

Un très grand merci à tous les techniciens de laboratoire à la faculté de SNV d'université ibn khaldoun tiaret pour son suivi dans la partie pratique.

Dédicace

Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir permis d'atteindre ce but,

*Je dédie humblement ce travail à mes professeurs qui nous ont
beaucoup donné et fait de gros efforts avec nous.*

*À ma mère et mon père pour tous leurs sacrifices, leur loyauté,
leur tendresse et leur soutien*

*Tout au long de mes études, je vous remercie beaucoup et que
Dieu vous garde.*

A mes chers frères et chères sœurs

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon
parcours collectionneurs .*

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Lamia

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots que je dédie ce modeste travail de fin d'études :

A ce qui ont sacrifié leur vie pour moi, ce qui m'ont donné l'amour, la tendresse du monde les plus chères à mon cœur, mes chères parents pour leur soutien leur prières Pour moi durant toute la période de mes études, j'espère qu'un jour je pourrais leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.

A mon chères grand-mère que je souhaite une bonne santé et un long vie..

À ma chère sœur pour son encouragements et son soutien moral à mes chères frère pour leur appui.

*A tout ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire
Que se travail soit le fruit de votre soutien*

Merci d'être toujours là pour moi

Samah

Dédicace

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail

Aux êtres les plus chers ; à mon cœur; à la lumière de mes yeux; A mon très cher père et très chère mère et j'espère qu'ils seront fiers de moi et de mon travail.

A mon mari qui ma énormément aidé et pour sa compréhension et sa disponibilité

A mes très chères sœurs Soumia et Meriem

Aux personnes les plus proches et les plus chères à mon cœur;

Imen, Ikram, Meriem, Nora, Hiba, Hadjer, Amina, Farida

A tous les membres de ma famille sans aucune exception

et a tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

Nour

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique.

B: Bore.

C : Carbon.

Ca : Calcium.

Cd : Cadmium.

Ce: Cérium.

Cl: Clore.

Cmes : Concentration mesurées.

CMR : Concentration maximale réglementaire.

CMREC : Concentration maximale recommandée.

Co: Cobalt.

Cr: Chrome.

Cu: Cuivre.

EF : émission de flamme.

Fe : Fer.

H : Hydrogène.

H : heure.

Hcl : Chlorhydrique.

Hg: Mercure.

HNO3 : Acide nitrique.

K : potassium.

Mg : magnesium.

Mn: manganèse.

Mo: molybdène.

N : nitrogen.

Ni : Nickel.

O : oxygène.

P : phosphore.

Pb : Plomb.

Ros : Réactive oxygène species.

S : soufre.

SAA : Spectrophotométrie d'absorption atomique.

Zn : Zinc.

Liste des figures

Figure 1 : Carte géographique de la wilaya de Tiaret et la commune de Frenda	8
Figure 2 : Carte géographique de la wilaya d'Oued Souf	10
Figure 3 : Spectrophotomètre d'absorption atomique utilisée durant notre étude	14
Figure 4 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe,En,Cu et Cd) dans les tubercules de la pomme de terre	18
Figure 5 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe,Zn,Cu et Cd) chez l'ail	19
Figure 6 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe,Zn,Cu et Cd)chez courgette	20
Figure 7 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe,Zn,Cu et Cd) chez l'oignon	21
Figure 8 : Teneurs moyennes en métaux lourds(Fe,Zn,Cu et Cd)chez le navet	21
Figure 9 : Teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes et dans les légumes (Pomme de terre, l'ail, courgette, navet, l'oignon)	23

Liste des tableaux

Tableau 01 : Données pluviométriques (mm) entre la période 2020-2022 de Frenda	09
Tableau 02 : Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius	09
Tableau 03 : Données pluviométriques (mm) entre la période 2020-2022 d'Oued Souf....	11
Tableau 04 : Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius	11
Tableau 05 : Matériel utilisée au laboratoire	12
Tableau 06 : Teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes... ..	21
Tableau 07 : Calcul de degrés de toxicité des métaux lourds... ..	21
Tableau 08 : Tableau comparatif sur les teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes et dans les légumes (Pomme de terre, l'ail, courgette, navet, l'oignon)	22

Tableau des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction Générale	

Chapitre I: Matériel et méthodes

1. Objectifs	07
2. Zones d'études.....	07
Frenda (Tiaret).....	07
Données climatiques.....	08
A/Précipitation	08
B/ Température	09
Oued Souf.....	09
Localisation.....	09
Données climatiques.....	10
A/ Précipitation	11
B/ Température	11
3. Matériel.....	12
Matériel végétal.....	12
Matériel de labratoire	12
4. Méthodes d'analyse.....	12
Lieux d'expérimentations	12
Préparation des échantillons des légumes.....	13
Dosage des métaux lourds	13
5. Analyse des métaux lourds.....	14
Appareillage.....	14

Principe de la SAA	15
6. Analyse statistique	15

Chapitre II: Résultats et discussion

1. Teneur en métaux lourds chez la pomme de terre.....	17
Concentration en Fe.....	17
Concentration en Zn	17
Concentration en Cu	17
Concentration en Cd	18
2. Teneur en métaux lourds chez l'ail	18
3. Teneur en métaux lourds chez la courgette	19
4. Teneur en métaux lourds chez l'oignon	20
5. Teneur en métaux lourds chez le navet	21
6. Concentration et contamination des échantillons.....	22
Conclusion	24
Références bibliographiques	

Résumé

Introduction Générale

Introduction générale

Introduction

À l'échelle mondiale, l'agriculture est mise au défi de produire d'une manière durable des aliments suffisants, sûrs et sains pour une population mondiale croissante qui atteindra 9,5 milliard en 2050. L'agriculture Algérienne et à l'instar de l'agriculture mondiale est confrontée à de graves contraintes, notamment celles liées aux changements climatique, la diminution de la fertilité des sols, l'augmentation des maladies et des ravageurs entraînant ainsi une diminution de la production des plantes (**Klerkx et al. 2019**). Elle étant en grand partie désertique, ses potentialités agricoles sont limitées, seulement 17% de la surface utilisable pour l'agriculture. Par conséquent, le pays est très dépendant des importations pour ses besoins. Les principales cultures en Algérie sont les céréales (34%), l'arboriculture (8%), les fourrages (6%), et les cultures maraîchères (4%), cependant les différents types de jachères couvrent presque la moitié de la surface agricole utile (**Bessaoud et al. 2019**).

Les légumes et les fruits constituent un complément nutritionnel intéressant aux aliments de base tels que les produits carnés et les céréales. Depuis les années 80, les besoins en légumes, En Algérie, ont augmenté suite à la croissance démographique. Ces dernières années, nous constatons une nette évolution des superficies et des productions, les rendements restent relativement moyennes par rapport aux normes de production pour l'ensemble des cultures (**Belaid. 2018**). Les superficies sont passées, en 40 ans, de 85 000 ha à 470 000 ha environ. L'extension des surfaces est confrontée à la contrainte en eau qui reste le facteur limitant (**Assassi et al. 2018**).

Entre 2004 et 2007, la production maraîchère suit une diminution qui semble étroitement liée à la restriction des surfaces consacrées à ce type de cultures par rapport aux céréales. A partir de 2008, la production connaît un net accroissement simultané à la mise en valeur de nouvelles superficies principalement au sud du pays et plus particulièrement dans les wilayas d'El-Oued et de Biskra (**Hammache, 2017**).

Dans le monde, la Chine est le premier producteur de légumes, avec une production de 635,83 millions de tonnes en 2018, représentant ainsi 36,62% de la production mondiale. L'Inde se situe dans la deuxième place dont la production est à l'ordre de 200.560.000 tonnes, soit 10,80% de la production mondiale en fruits et légumes (**FAO, 2019**). Dans le Maghreb, l'Algérie se place en seconde position, après le Maroc, avec une production en fruits et

Introduction générale

légumes de 14 047 550 tonnes soit 0,43% de la production mondiale (**MADR. 2020**). La pomme de terre et la tomate constituent près de 50% de la consommation en légumes frais. Les importations réalisées durant ces dernières années, concernent essentiellement la pomme de terre.

Les principales espèces légumières cultivées en Algérie, ainsi que les les régions de productions sont reparties comme suite (**MADR. 2020**):

Plaine de Mitidja: cultures de tomate, piment, poivron, et pomme de terre

Ain defla : pomme de terre

Oued Souf : pomme de terre, tomate, ail, oignon....

Plaine de Jijel: culture de tomate, piment et aubergine.

Région de Biskra: culture de tomate

Vallée d'Oued Chlef: culture de tomate, melon et pastèque.

Région de Mostaganem: culture de tomate, piment et pomme de terre

Oasis Sahariennes: culture de tomate et melon.

Au cours de la période récente, Oued souf a connu un bond en avant dans la production de légumes, car elle est devenue l'une des plus productives dans le domaine des légumes au niveau national. Y compris les pommes de terre, les carottes, les tomates, l'ail et les oignons.

Pendant plusieurs décennies, l'agriculture maraichère intensive basée sur l'utilisation massive d'intrants chimiques (engrais et produits phytosanitaires) était désignée comme étant la meilleure alternative afin de répondre aux besoins croissant du marché. Cependant, ce modèle de production commence à démontrer ses limites en affectant négativement la fertilité des sols induisant leur pollution, la pollution des cultures ainsi qu'une eutrophisation des eaux par plusieurs substances toxiques et par les métaux lourds (**Mhadhbi. 2021**). Ce qui constituer un risque majeur sur l'équilibre des écosystèmes et sur la santé des consommateurs.

Introduction générale

Les métaux lourds, qui constituent un problème environnemental majeur, résident naturellement dans le sol. En général, un métal lourd n'est rien d'autre qu'un élément chimique qui est métallique avec une densité comparativement plus élevée qui est toxique au-dessus d'une plage tolérable, comme le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le nickel (Ni), plomb (Pb), etc (**Zaidi et al. 2012**). Les métaux lourds sont une cause majeure de pollution et un danger potentiel croissant pour l'environnement et la santé humaine dans le monde entier, entraînant des troubles chez les personnes et les animaux. Ils ont endommagé les écosystèmes du sol et de l'eau dans le monde entier. Les métaux lourds se déversent dans l'environnement par diverses pratiques, notamment l'irrigation avec de l'eau polluée, l'utilisation d'engrais chimiques, le déversement d'effluents industriels dans des plans d'eau, des éruptions volcaniques, des incendies de forêt, etc. Ils peuvent s'infiltrer dans le sol, les eaux souterraines et éventuellement les plantes agricoles (**Alyemeni et Almohisen. 2014**). Les métaux lourds peuvent avoir de graves conséquences sur la santé humaine si ces éléments se trouvent sur les plantes consommables. Bien que des traces de cuivre (Cu), de fer (Fe), de manganèse (Mn), de nickel (Ni) et de zinc (Zn) soient nécessaires pour la croissance des plantes, des quantités excessives de ces métaux peuvent être dangereuses. Au cours de l'évolution des plantes, seuls 19 éléments (sur 53 métaux lourds au total) tels que carbon (C), oxygène (O), hydrogène (H), magnésium (Mg), soufre (S), nitrogen (N), calcium (Ca), phosphore (P) et potassium (K) (macronutriments) et cuivre (Cu), zinc (Zn), manganèse (Mn), fer (Fe), molybdène (Mo), bore (B), nickel (Ni), cobalt (Co) et chlore (Cl) (micronutriments) participe dans quelques processus de métabolisme de base. Par exemple, le Zn est un cofacteur pour plus de 300 enzymes et 200 facteurs de transcription associés au maintien de l'intégrité membranaire, du métabolisme de l'auxine et de la reproduction (**Ricachenevsky et al., 2013**). Cependant, à des concentrations élevées, les métaux lourds produisent de graves symptômes de toxicité chez les plantes et, par conséquent, leur absorption et leur utilisation sont étroitement contrôlées par les cellules végétales (**Yang et al., 2005**). En plus des effets néfastes sur les plantes, les métaux lourds posent une sérieuse menace pour la santé humaine en raison de leur persistance dans la nature.

La toxicité des métaux lourds dans les plantes varie selon l'espèce végétale, le métal, la concentration, la forme chimique, la composition du sol et le pH, car de nombreux métaux lourds sont considérés comme essentiels à la croissance des plantes. Certains de ces métaux

Introduction générale

lourds comme Cu et Zn servent soit de cofacteur et d'activateurs de réactions enzymatiques, par exemple, informant le complexe enzymes/métal de substrat (Yadav. 2010) ou exercent une propriété catalytique telle qu'un groupe prothétique dans les métalloprotéines. Le premier effet des métaux lourds observable chez les végétaux est une inhibition de la croissance. Celle-ci s'accompagne très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage. A l'heure actuelle, les bases moléculaires de ces perturbations sont encore mal connues, mais on admet généralement qu'elles résultent d'un stress oxydatif, dû à la production d'espèces réactives de l'oxygène ou « Réactive Oxygen Species » (ROS). Les ROS altèrent toute une série de substrats biologiques importants, avec comme conséquence la modification des domaines fonctionnels des biomolécules : inhibition de l'activité enzymatique, perturbation du métabolisme végétal (notamment la photosynthèse et la respiration), oxydation de protéines, altération des membranes cellulaires via l'induction de phénomènes de peroxydation lipidique, apparition de cassures au sein de l'ADN, pouvant conduire à la mort cellulaire (Cheng. 2003).

Ainsi, l'objectif de ce travail vise à étudier l'effet des pratiques agricoles (applications des intrants chimiques et l'irrigation) sur l'accumulation des métaux lourds à savoir le zinc, le cuivre et le plomb dans les légumes cultivées dans deux zones en Algérie. La première est Frenda (Tiaret) dont les cultures sont irriguées par des eaux polluées et l'autre dans la région de souf caractérisé par une utilisation abusif des produits phytosanitaires et des fertilisants (car les sols sableux sont très pauvres en matière organiques)

Pour ce faire, les étapes suivantes ont été effectuées :

- Collection de quelques légumes (pomme de terre, ail, oignon, navet) commercialisés dans les deux zones d'étude ;
- Extraction des métaux lourds à partir ces légumes ;
- Dosage des métaux lourds et détermination de degrés de toxicité de ces aliments.

Ce travail s'articule autour de trois grandes parties :

- ❖ La première partie est une introduction générale des légumes et de la problématique d'application des engrais et l'accumulation des métaux lourds

Introduction générale

- ❖ La deuxième, décrit le matériel et les méthodes utilisés durant notre travail.
- ❖ Et, la troisième décrit tous les résultats obtenus et les discute en les comparants avec d'autres travaux dans cet axe de recherche.

Une conclusion générale est donnée à la fin du présent travail en tirant les principaux résultats obtenus et quelques perspectives ont été suggérées

CHAPITRE I

Matériel Et Méthodes

Chapitre 02 : Matériels et méthodes**1. Objectif**

Ce présent travail vise principalement (i) à déterminer le taux et les contaminations par les métaux lourds chez quelques légumes, choisis au hasard et cultivés dans deux régions en Algérie (sans comparer entre les 2 régions), et (ii) à déduire l'effet des pratiques culturales (origine des eaux d'irrigation, application des intrants chimiques : engrais et produits phytosanitaires) sur les contaminations de ces légumes par les métaux lourds.

NB : Au début, on a visé une étude comparative, en utilisant les mêmes légumes, entre les deux zones d'études, mais après que certains échantillons ont été endommagés lors de la conservation, les analyses ont été effectuées selon la disponibilité pour chaque zone.

2. Zones d'études

Des échantillons de quelques légumes tels que la pomme de terre, le navet, l'oignon, l'ail et la courgette ont été achetés dans deux régions, à savoir la commune de Freneda dans la Wilaya de Tiaret et la commune d'Oued Souf. Ces zones ont été sélectionnées en tenant compte de leur vocation agricole d'une part et d'autre part selon la disponibilité des légumes.

Freneda (Tiaret)

La commune de Freneda est située dans la partie occidentale de la wilaya de Tiaret, à 50 km au sud-ouest de la ville de Tiaret, à une altitude de 1000 m, avec les coordonnées géographiques 35° 3' 42.438" N 1° 3' 13.771" E. Elle est limitée au Nord par les communes de Medroussa et Sidi Bakhti, au sud par les communes d'Aïn Kermes et Medrissa, à l'Est par la commune de Tousnina, et à l'Ouest, par la commune de Aïn El Hadid (**Fig. 1**).



Figure 1: Carte géographique de la wilaya de Tiaret et la commune de Frenda (<https://d-maps.com/>)

Données climatiques

La commune de Frenda possède, selon la classification d'Emberger, un climat méditerranéen chaud. Elle est caractérisée par un été court, très chaud, sec et dégagé dans l'ensemble et un hiver long, très froid, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 1 °C à 34 °C et est rarement inférieure à -3 °C ou supérieure à 40 °C. La moyenne annuelle de la pluviométrie est de 300 mm. (<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022)

A/ Précipitation

Les précipitations représentent la principale source hydrique, pour les plantes naturelles, ainsi que aussi pour la totalité des plantes cultivées en Algérie.

La pluviométrie totale enregistrée dans la région de Frenda où les premiers prélèvements ont été effectués durant la période 2021-2022 a atteint 312,4 mm, une année considérée humide par rapport à l'année passée où les précipitations n'ont pas dépassé 250 mm. Généralement, le mois de Mars est le plus pluvieux, quant au minimum, il est enregistré au mois de juillet (**Tableau 1**). (<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022)

Tableau 1: Données pluviométriques (mm) entre la période 2020-2022 de Frenda

(<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Total
Année											
2019/2020	38,3	6,6	62,9	38	23,2	00	49,2	70	4,6	0,8	293,6
2020/2021	13,6	5,4	29,4	78,7	24,8	12	27,8	18	24,6	9,8	244,1
2021/2022	18,4	4,4	35,5	17,2	7	20, 2	105, 9	84	18,4	1,4	312,4

B/ Température

Les températures moyennes mensuelles enregistrées dans la commune de Frenda durant l'année 2021-2022, ainsi que durant les deux années précédentes sont représentées dans le **tableau 2.** (<https://www.infoclimat.fr/>, 2022)

Tableau 02 : Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius. (<https://www.infoclimat.fr/>, 2022)

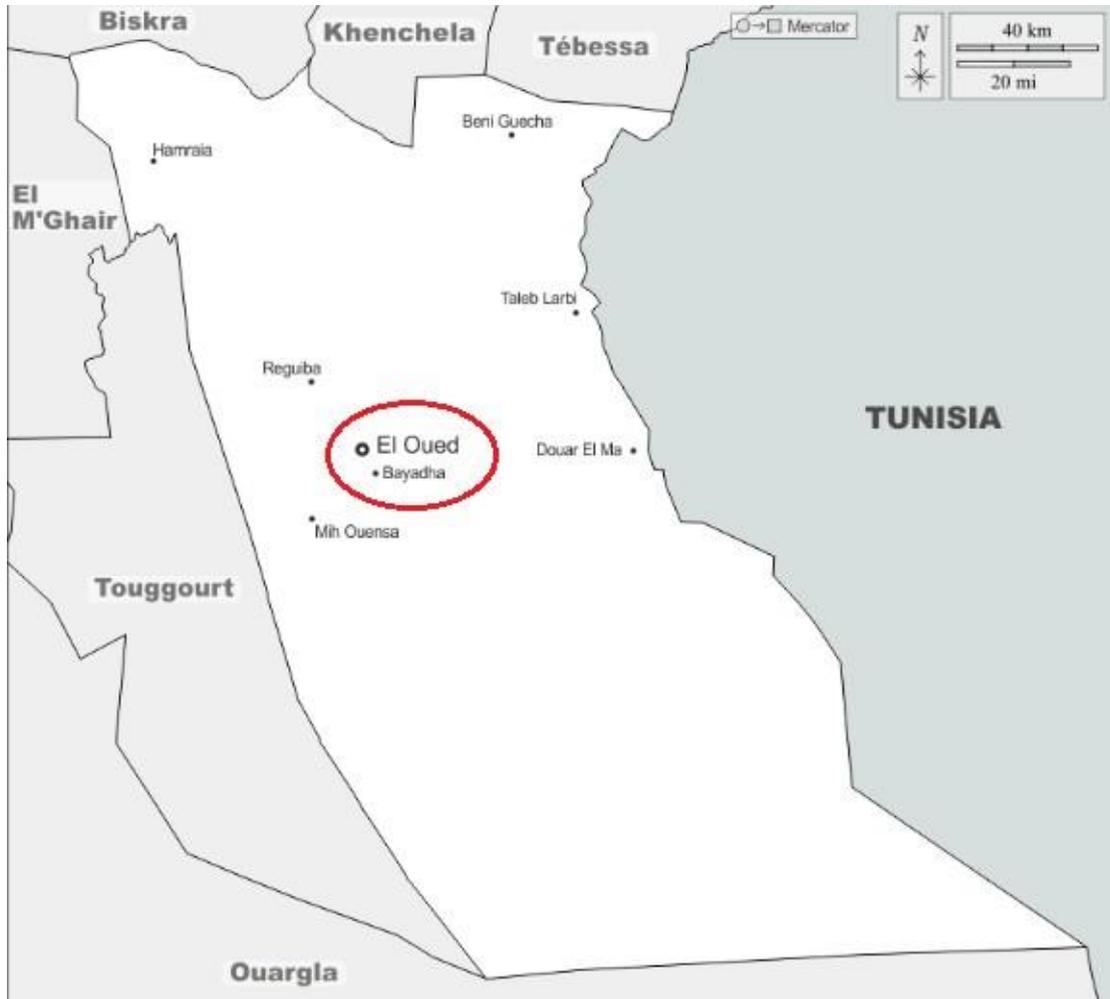
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin
Année										
2019/2020	22,3	16,5	10,1	14,1	5,9	10,3	10,8	13,7	19,2	22
2020/2021	21,4	15,2	12,7	7,7	7,3	11	9,6	13,9	19,2	23,8
2021/2022	23,8	16	9	8,2	5,5	8,9	10,2	11,4	17,9	25,8

Généralement, le mois le plus chaud dans la commune de Frenda durant ces dernières années, est le mois de Juin avec une valeur de température moyenne mensuelle comprise entre 22 °C à 25,8 °C. Cependant, le mois le plus froid est Janvier.

Oued Souf

Localisation

La région du Souf est située au sud-est de l'Algérie. Elle fait partie du bassin du Sahara Septentrional (région de l'Erg Oriental), incluant le Chott Melghir et les dépressions



associées. La zone est concernée par le phénomène de la remontée de la nappe libre à une superficie d'environ 3000 km². Le Souf est limité au nord par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au sud par Ourgla et Ilizi, à l'Ouest par les wilayas de Touggourt et El M'ghair et à l'Est par la frontière tunisienne (Drouiche et al. 2013) (Fig. 2).

Figure 2 : Carte géographique de la wilaya d'Oued Souf (<https://d-maps.com/>)

Données climatiques

Le climat de la wilaya est de type saharien et désertique, les étés sont chauds et les hivers doux. Les températures sont très élevées en été, atteignent 54 °C, et peuvent descendre jusqu'à 1°C en hiver. En ce qui concerne les précipitations, elles sont très faibles à l'ordre de 80 mm/an. Les fortes températures estivales accélèrent le processus d'évaporation, plus de

200 à 600 mm/an dépassent les quantités de précipitations reçues en une année, ce qui est la cause du très important déficit en eau (**kholladi. 2005**).

A/ Précipitation

La pluviométrie totale enregistrée dans la Wilaya de Oued souf (deuxième prélèvement) durant l'année agricole 2021-2022 a atteint seulement 29,9 mm. Ce qui montre que l'agriculture dans cette région est basée principalement sur l'irrigation. Généralement, le mois de Mars est le plus pluvieux (**Tableau 3**). (<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022)

Tableau 3: Données pluviométriques (mm) entre la période 2020-2022 de Oued Souf (<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Total
Année											
2019/2020	03	03	08	0,8	0,2	0,2	3,4	06	00	00	24,6
2020/2021	18,1	0,1	0,4	0,1	0,6	00	2,1	00	3,6	00	25
2021/2022	03	00	18	00	01	0,4	04	03	0,2	00	29,6

B/ Température

Les températures moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Souf durant l'année 2021-2022, ainsi que durant les deux années précédentes sont représentées dans le **tableau 4**.

Tableau 04 : Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius. (<https://www.infoclimat.fr/>, 2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin
Année										
2019/2020	30,7	24	16	14,1	11,6	15,2	17,3	22,4	28,2	31,8

2020/2021	28,8	22,1	17,9	13,2	13,1	15,9	16,4	22,2	27,2	34,2
2021/2022	32,2	23,1	16,1	11,7	10,5	13,6	17,2	21,1	26,6	33,5

La région d'Oued Souf est caractérisée par une température élevée le long de l'année. Le mois le plus chaud est Juin avec une valeur de température moyenne mensuelle dépasse les 30 °C. Cependant, le mois le plus froid est Janvier.

3. Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé durant ce travail est composé de quelques légumes saisonnières récoltés dans deux régions différentes en Algérie (Frenda & Oued Souf). Le navet et l'oignon ont été obtenus de la commune de Frenda. Alors que, l'ail, la pomme de terre et la courgette ont été récoltées de la région d'Oued Souf. Le choix des cultures/région d'origine a été effectué au hasard et selon la disponibilité sur le marché. Ces légumes ont été achetés en mois de Mars.

NB : Au début, on a visé une étude comparative, en utilisant les mêmes légumes, entre les deux zones d'études, mais après que certains échantillons ont été endommagés lors la conservation, les analyses ont été effectués selon la disponibilité pour chaque zone.

Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé au laboratoire (appareillage, produits chimiques, verreries) est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Matériel utilisé au laboratoire

Appareillage	Balance de précision, four à moufles, étuve ventilée, bain de sable et spectrophotomètre à absorption atomique.
Verrerie	Béchers, pipette en verre graduées de 10 ml, entonnoir, fiole jaugée, papier filtre, tamis et mortier.

Produits chimiques	Acide nitre et Hcl,

4. Méthodes d'analyse :

Lieux d'expérimentations

L'expérimentation est divisé en deux grandes parties : l'extraction des métaux et le dosage. L'extraction des métaux lourds à partir des légumes a été effectuée dans le laboratoire de physiologie végétale de la faculté de science de la nature et de la vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret. La lecture et le dosage des teneurs par spectrophotomètre à absorption atomique ont été réalisés dans le laboratoire d'évaluation des métaux, faculté de chimie de l'université des sciences et de technologie, Houari Boumediene de Bab-Ezzouar (USTHB).

Préparation des échantillons des légumes

Les différents légumes ont été épluchés au début, puis lavés bien à l'eau du robinet et coupés en petits morceaux. Par la suite les échantillons ont été séchés pendant 48h dans une étuve à 60°C ensuite broyés et tamis pour assurer la pureté.

Pour la minéralisation et le dosage, 1 g d'échantillons de chaque légume a été met dans une capsule en porcelaine et calciné à 450°C dans un four à moufle pendant quatre heures. Les cendres obtenues sont minéralisées par 4ml l'eau régale (25% HNO₃et 75% HCl), dans un bécher puis ramenées à sec jusqu' à décoloration de la minéralisation sur un bain de sable. Le résidu est redissent dans 25ml d'HCL dilué, puis filtré en utilisant un papier filtre, les éléments métalliques (Zn, Cd et Pb) ont été ensuite dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme au laboratoire.

Dosage des métaux lourds

Les solutions obtenus après l'étape de l'extraction ont été dosés par spectrophotomètre atomique à flamme domaine de travail de l'ordre du mg/l technique s'appliquant aux éléments en traces qui ne sont ni volatils ni fortement réfractaires. L'ensemble des analyses ont été réalisées en triplet par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAA) (Perkin Elmer, AAnalyst 700) (**Fig.3**).



Figure 3: Spectrophotomètre d'absorption Atomique utilisée durant notre étude (Photo originale)

5. Analyse des métaux lourds

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) et l'émission de flamme (EF), encore appelée photométrie de flamme, permettent de doser dans pratiquement toute sorte d'échantillon, un ou plusieurs éléments prédéfinis choisis dans une liste en contenant environ 70 (métaux et non métaux). Les appareils correspondants fonctionnent pour la plupart suivant l'une ou l'autre de ces méthodes, bien que le principe des mesures soit différent. Les applications sont très nombreuses étant donné qu'on atteint pour certains éléments des concentrations inférieures au $\mu\text{g/l}$. (Jacob, 2010).

Appareillage

Dans la SAA on trouve :

- Un système d'introduction de l'échantillon : il s'agit d'une micropipette automatique qui permet l'injection d'un volume d'échantillon de 5 à 50 μl dans de bonnes conditions reproductibilité.
- Atomiseur : le four en graphite remplace le bruleur utilisé en mode flamme. Celui-ci est constitué d'un tube en graphite en contact électrique avec deux

électrodes également en graphite : le tube va alors chauffer par effet joule à température très élevées, de 2000 à 3000°C (**Boussuge, 2007**).

Principe de la SAA

La SAA est fondée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'onde. L'absorption de chaque élément est spécifique, aucun autre élément n'absorbe sa longueur d'onde. L'absorption de lumière par les atomes fournit ainsi un puissant instrument analytique à la fois pour l'analyse quantitative et qualitative.

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 monoélément) (**Boussuge, 2007**).

6. Analyse statistique

Le traitement des données et des résultats obtenus a été effectué à l'aide des logiciels : STATGRAPHICS Centurion 19 et l'Excel version 2013.

CHAPITRE II

Résultats Et Discussion

Chapitre 02 : Résultats et discussion

Les analyses de l'effet des eaux d'irrigation et de la fertilisation sur l'accumulation des métaux lourds dans quelques légumes cultivés à Frenda et à Oued souf ont été effectuées après collection des échantillons : navet et oignon de la région de Frenda et pomme de terre, ail et courgette de la région d'oued souf. Le choix des zones ainsi que des légumes a été effectué au hasard.

1. Teneur en métaux lourds chez la pomme de terre**Concentration en Fe**

Parmi tous les micronutriments, le fer est celui dont les plantes ont le plus besoin. Les résultats obtenus ont montré la dose de cet élément dans les tubercules de la pomme de terre est de 78,13 ppm (**Fig.4**). Une concentration un peu élevée par rapport aux normes.

Öztürk et al. (2011) ont rapporté que les teneurs en fer chez 16 variétés de pomme de terre cultivées en Turquie sont compris entre 48 et 72 ppm.

Concentration en Zn

Dans nos échantillons une valeur moyenne de 33,9 ppm de Zinc a été enregistrée dans les tubercules (**Fig.4**). Le zinc est l'un des métaux importants pour la croissance et le développement des plantes et des êtres humains. Une carence en zinc peut résulter d'un apport alimentaire insuffisant, d'une absorption altérée, d'une excrétion excessive ou de défauts héréditaires du métabolisme du zinc (**Colak et al. 2005**). Dans la littérature, la quantité normale de Zinc dans les tubercules de la pomme de terre est variée entre 15 et 25 ppm. Nos résultats rejoignent ceux de **Cheraghi et al. (2013)** qui ont trouvé que la teneur en Zinc dans les tubercules a augmenté jusqu'à 50 ppm après application abusive des engrais phosphatés. Cependant, **Öztürk et al. (2011)** ont obtenu des concentrations inférieures à 20 ppm dans 16 variétés de pomme de terre. De même, **Angelova et al. (2010)** ont trouvé des valeurs faibles de Zinc dans les tubercules de pomme de terre.

Concentration en Cu

Le cuivre est l'un des micronutriments essentiels, et son apport adéquat pour la croissance des plantes doit être assuré par des engrais artificiels ou organiques. Cu se trouve dans les

composés sans fonctions connues ainsi que dans les enzymes ayant une fonction vitale dans le métabolisme des plantes (**Kabata-Pendias et Pendias, 2001**).

Les résultats obtenus ont montré que les tubercules de la pomme de terre dans ce travail contiennent une dose de 13,16 ppm de cuivre (**Fig. 4**). Selon **Angelova et al. (2010)**, la quantité optimale de cuivre dans les tubercules est de 10 ppm. Dans la même étude, une valeur de 2,7 ppm a été révélée. Alors que, **Öztürk et al. (2011)** ont mentionnée que la teneur la plus élevée en Cu chez les variétés de pomme de terre cultivées en Turquie est de 5,43 ppm.

Concentration en Cd

Le cadmium est un élément non essentiel dans les aliments et les eaux naturelles, et il s'accumule principalement dans les reins et le foie. Le cadmium dans les aliments provient principalement de diverses sources de contamination environnementale (**Adriano, 1984**). D'après nos analyses, la pomme de terre contient une quantité de 0,24 ppm de cadmium (**Fig. 4**). Une quantité relativement élevée par rapport aux normes (0,03 ppm). Nos résultats rejoignent ceux de (**Öztürk et al. 2011**), qui ont trouvé que la variété Santa contient une dose de Cd de 0,29 ppm. (**Angelova et al. 2010**) ont enregistré une teneur de 0,04 ppm.

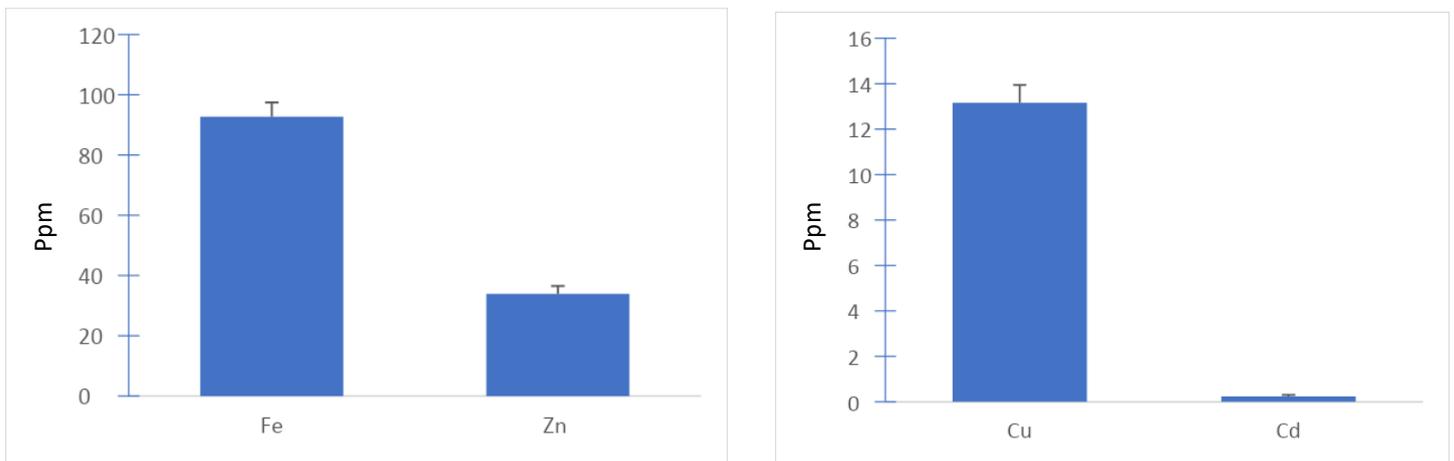


Figure 4 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe, Zn, Cu et Cd) dans les tubercules de la pomme de terre.

2. Teneur en métaux lourds chez l'ail

Après analyse des échantillons par la SAA, les résultats obtenus ont montré que les teneurs des métaux lourds dans l'ail varient d'un métal à un autre.

Pour le fer, la concentration obtenue est de 115,6 ppm. La teneur en zinc chez l'ail analysé est à l'ordre de 79,9 ppm, cependant, un taux de cuivre de 20,43 ppm a été enregistré. Enfin, pour le cadmium les analyses ont révélés une concentration moyenne de 1,07 ppm (**Fig. 5**). (**Soudek et al. 2009**) ont rapporté que les bulbes d'ail contiennent des concentrations variables en métaux lourds avec des valeurs de 42 ppm, 22 ppm, 66 ppm et 84 ppm pour Cd, Cu, Zn et Fe, respectivement. (**Manzoor et al. 2018**) ont trouvé des valeurs plus faibles, pour chaque métal.

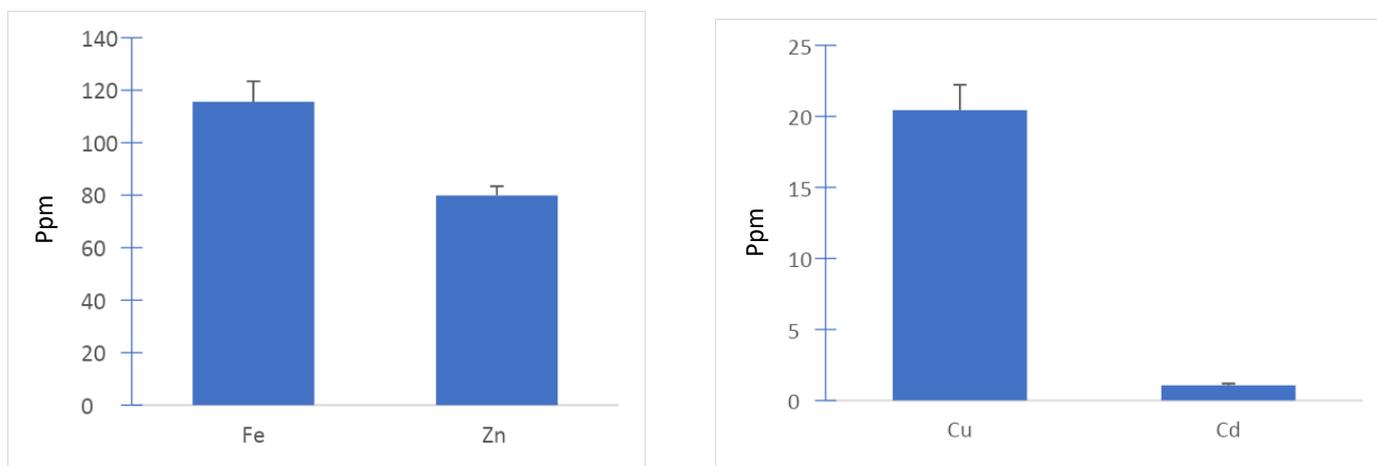


Figure 5 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe, Zn, Cu et Cd) chez l'ail.

3. Teneur en métaux lourds chez la courgette

Les métaux lourds étudiés chez la courgette obtenue de la wilaya d'Oued souf ont révélé des accumulations variables de fer, cuivre, zinc et cadmium. Une dose de 193,8 ppm a été obtenue avec le fer, de 112,9 ppm avec le zinc. Cependant des valeurs de 16,53 ppm et 1,43 ppm ont été remarquées avec le cuivre et le cadmium, respectivement (**Fig. 6**).

Les concentrations de métaux lourds dans étaient comparables supérieure à celles mentionnées dans la littérature (**Elawa 2015**). Selon (**Galal .2016**), les chiffres références des

concentrations des métaux lourds chez la courgette sont de 114 ppm, 7,75 ppm, 1,36 ppm et 0,27 ppm pour le Fe, Zn, Cu et Cd, respectivement. Le même chercheur a révélé des concentrations hyper-élevées en ces métaux lourds après culture de la courgette dans un sol contaminé. Les courgettes peuvent absorber à la fois les nutriments et les métaux lourds directement par absorption racinaire et indirectement par adsorption foliaire des particules de sol contaminées (Gergen et Harmanescu 2012). Nos résultats rejoignent ceux obtenus par dans les études d'Elawa (2015) en Égypte, (Yadav et al. 2013) en Inde, et (Opaluwa et al. 2012) au Nigéria. Ces chercheurs ont observés l'effet du milieu (soil et irrigation) sur les concentrations des métaux lourds).

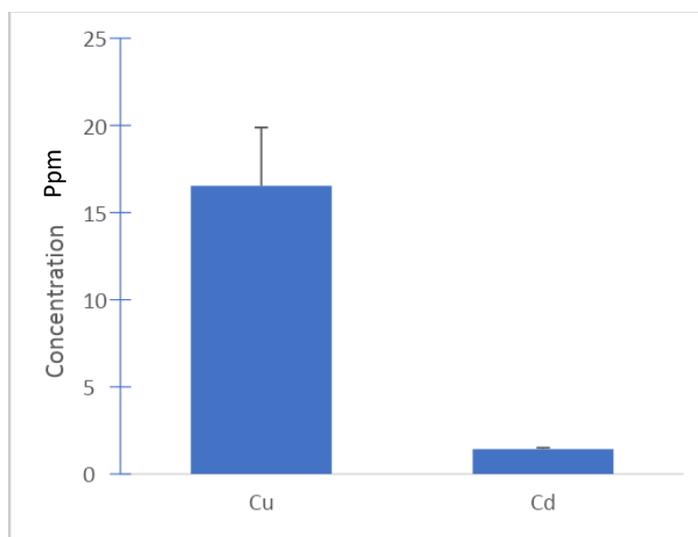
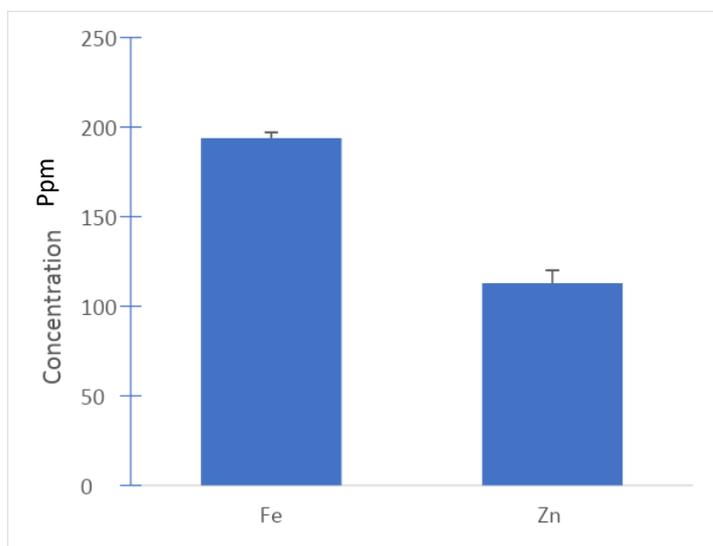


Figure 6 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe, Zn, Cu et Cd) chez la courgette.

Ces teneurs un peu élevées en Fe, Zn, Cu et Cd dans les trois espèces sont expliquées par l'utilisation et l'application intense, non raisonnées et non précises des produits chimiques (engrais et produits phytosanitaires) lors de la conduite des cultures. Plusieurs agriculteurs font des opérations de lutte quelques jours avant la récolte, ce qui cause l'accumulation des métaux dans le sol et leur absorption élevée par les racines des plantes surtout pour les plantes à tubercules (organes de stockage).

4. Teneur en métaux lourds chez l'oignon

Pour le zinc, une teneur de 149,9 ppm a été trouvée chez l'oignon d'origine de la région de Frenda. On outre, des teneurs de 6,69 ppm et 2,05 ont été révélées pour le cuivre et le cadmium, respectivement (**Fig. 7**). Dans l'étude réalisée par **Soudek et al. (2009)**, des concentrations de 136,4 ppm en zinc et de 40,4 ppm en cuivre. Selon ces auteurs, la teneur en métaux lourds augmente dans les conditions de contamination. Selon **Kumar et al. (2011)**, la concentration de Cd, Pb, Cr et Ni dans d'oignon (*Allium cepa*) variait de 0,83 à 1,88, 6,83 à 7,95, 25,3 à 3 ppm, respectivement. Des résultats similaires ont été trouvés dans d'autres études (**Radwan et al., 2006 ; Lema et al., 2009 ; Street et al. , 2010**).

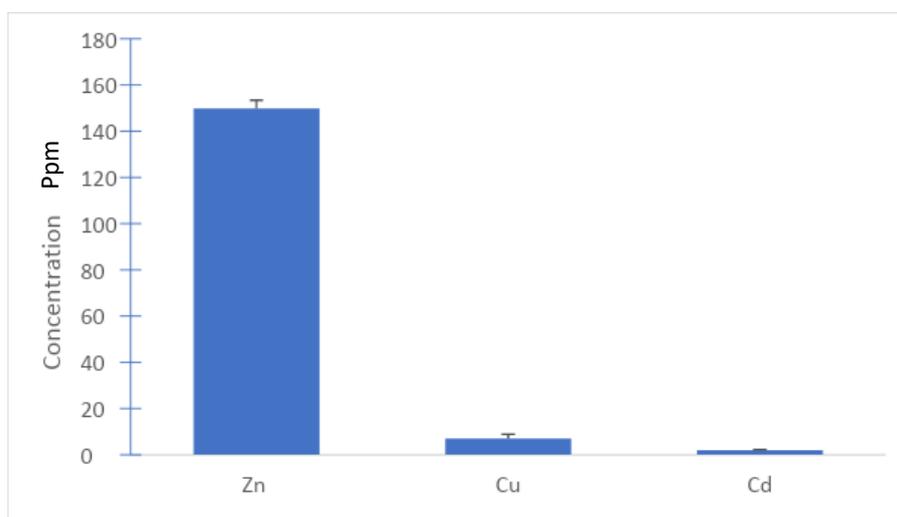


Figure 7 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Zn, Cu et Cd) chez l'oignon.

Remarque : Un traitement de dosage de fer était renversé sur le sol.

5. Teneur en métaux lourds chez le navet

Selon la **figure 08**, la teneur en fer chez me navet est de 38,26 ppm, et de zinc est de 25,03 ppm. On outre, des concentrations de 5,7 ppm et des traces de 0,12 ppm ont été trouvés pour le cuivre et le cadmium respectivement. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par (**Ahmed et al. 2013**) qui ont enregistré des valeurs de 28,4 ppm, 18,7 ppm, 5,3 ppm et 00 pour le Fe, Zn, Cu et Cd respectivement. Les mêmes chercheurs ont mentionnés que le taux d'accumulation des métaux lourds augmente après l'irrigation des plantes par des eaux polluées.

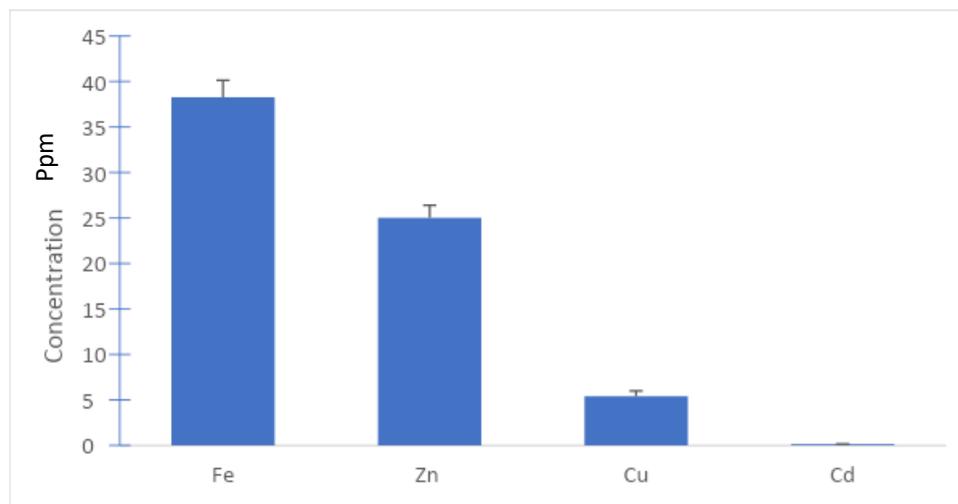


Figure 8 : Teneurs moyennes en métaux lourds (Fe, Zn, Cu et Cd) chez le navet.

Probablement, l'irrigation des ces cultures avec les eaux usées est désormais la cause principale de l'augmentation des taux des métaux lourds dans les plantes. Les produits chimiques (les produits phytosanitaires) peuvent également influencer légèrement les teneurs des métaux lourds dans ces régions dont les sols sont plus fertiles que les sols sableux.

6. Concentrations et contamination des échantillons

Pour confirmer et diagnostiquer une toxicité dans les plantes, la démarche consiste à comparer l'analyse d'un échantillon végétal avec ce que l'on a obtenu précédemment pour la même espèce végétal, la même variété et pour le même organe.

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 des légumes étudiés par les métaux lourds (Fer, zinc, cuivre et cadmium), on calcule le rapport Concentration mesurée (Cmes)/ concentration maximale réglementaire (CMR) sur les résultats qui on a obtenue à partir de dosage des métaux lourds. La CMR est considérée selon les travaux de (**Prasad et al, 2003**) et les valeurs CMR sont mentionnées dans le tableau 05

Tableau 6 : Teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes
(mg/kg de matière sèche) (Prasad et al. 2003)

ETM	Fe	Zn	Cu	Cd
Teneurs dans les plantes (mg/kg)	90	50	10	0,1

Les rapports de contamination de nos échantillons et nos résultats obtenus sont mentionnées dans le tableau 07.

Tableau 07 : Calcul de degrés de toxicité des métaux lourds

Echantillons	Fe (mg/l)	Cmes/CMR	Zn (mg/l)	Cmes/CMR	Cu (mg/l)	Cmes/CMR	Cd (mg/l)	Cmes/CMR
Pomme de terre	92,7	1,03	33,93	0,67	13,16	1,3	0,24	2,4
Ail	115,6	1,28	79,9	1,5	20,43	2,04	1,07	10,7
Courgette	193,8	2,0	112,9	2,24	16,53	1,65	1,43	14
Oignon	/	/	149,9	2,99	6,96	0,13	2,05	20
Navet	38,26	0,42	25,03	0,50	5,4	0,54	0,12	1,2

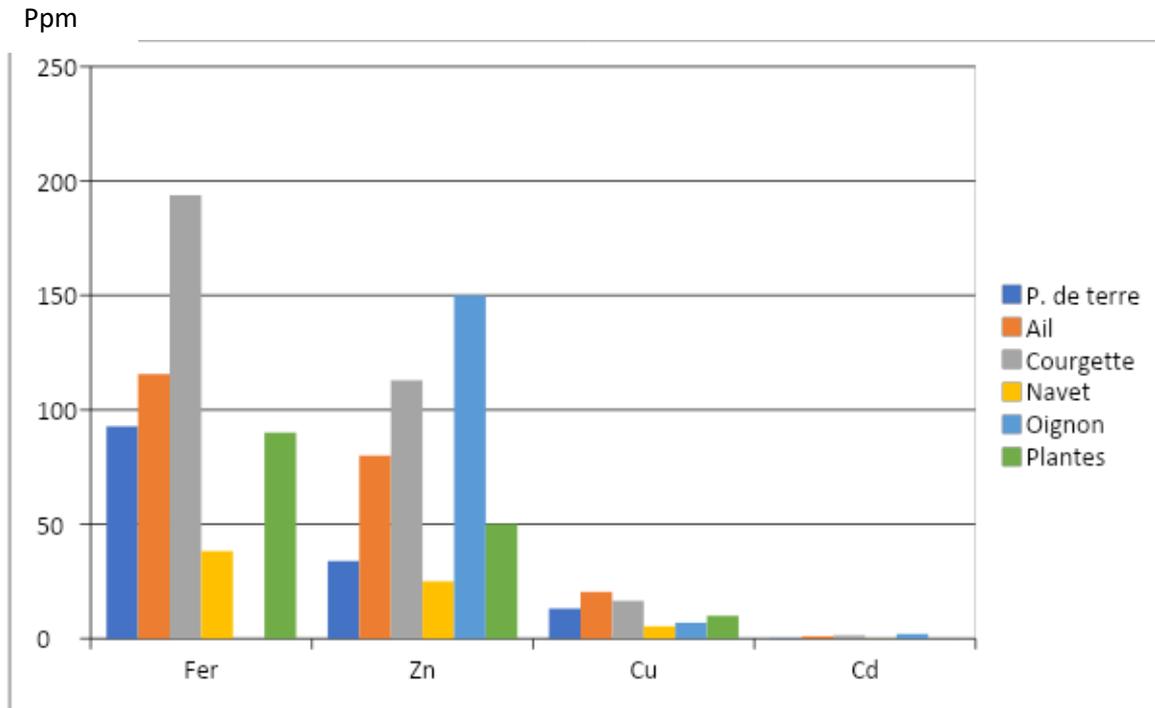


Figure 09 : Teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes et dans les légumes (Pomme de terre, l’ail, courgette, navet, l’oignon) (**Prasad et al, 2003**) .

Les résultats d’analyse de toxicité ont montré que les concentrations des métaux lourds chez les légumes étudiés, généralement ne sont pas très importantes et les concentrations obtenus ne dépassent pas fortement les valeurs normales selon tableau 06 (**Prasad et al, 2003**) (en tenant en compte les erreurs lors les mesures). Ils sont inférieures ou légèrement supérieure pour les 03 métaux lourds Fe, Zn et Cu, qui sont considéré des oligo-éléments nécessaire dans l’alimentation des plantes. Dans le cas du Cd, quelques résultats montrent des valeurs élevés qui confirme la possibilité d’une légère toxicité, ce qui exige une étude plus approfondie, avec un nombre de répétition plus élevé, sur l’accumulation de ces substances dans les conditions de cultures intensive.

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

Les légumes constituent une source d'alimentation importante pour la population Algérienne. Cependant, ces cultures sont parmi les espèces les plus exposés à la pollution environnementale ; ils absorbent les métaux lourds ainsi que d'autres substances toxiques et les accumulent dans leurs parties comestibles et non comestibles à des quantités parfois suffisamment élevées pour causer des problèmes de santé aux consommateurs.

Dans cette étude, on a évalué les taux d'accumulation de quatre métaux lourds à savoir : le fer, le zinc, le cuivre et le cadmium dans trois types de légumes cultivés dans la région d'Oued souf (pomme de terre, ail et courgette) et deux autres différents légumes collectés de la région de Freneda (navet et oignon).

Après analyse des échantillons par la SAA, les résultats obtenus ont montré que les teneurs des métaux lourds dans les plantes varient d'un métal à un autre et d'une plante à une autre. Pour le fer, dans la pomme de terre, la teneur est de 92,7 ppm, dans l'ail, la teneur est de 115,6 ppm, dans la courgette est de 193,8 ppm et dans le navet, une valeur de 38,26 ppm a été enregistrée. Par la suite, les résultats d'analyse du zinc a révélée des valeurs de 33,93 ppm; 79,9 ppm; 112,9 ppm; 149,9 ppm; et 25,03 ppm dans la pomme de terre, l'ail, la courgette, l'oignon et le navet respectivement. Le cuivre, un métal relativement dangereux si les concentrations dépasse trop les normes conseillées, a présenté des doses variés dans nos échantillons. Ces teneurs sont fortement influencées par l'utilisation des produits phytochimiques et la qualité et l'origine des eaux d'irrigation. Pour les cinq légumes pomme de terre, ail, courgette, oignon et navet les concentrations enregistrées sont par ordre : 13,16 ppm, 20,43 ppm, 16,53 ppm, 6,96 ppm, et 5,4 ppm. Enfin, pour le cadmium, dans la pomme de terre, la teneur est de 0,24 ppm et dans l'ail, la teneur est de 1,07 ppm et dans la courgette est de 1,43 ppm, et dans l'oignon, la teneur est de 2,05 ppm, et dans le navet, la teneur est de 0,12 ppm.

La comparaison des concentrations des métaux lourds obtenues dans les cinq légumes étudiés avec d'autres études a montré qu'à l'exception du Cd, les autres teneurs des autres métaux sont inférieures ou légèrement supérieures aux normes, et donc ne constituent aucun danger ou des effets nocifs sur la santé humaine. Mais cela pourrait provoquer des effets secondaires à long terme.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques :

Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.

Ahmed, H. R., Ahmed, H. H., Hashem, E. D. M., & Ahmed, S. (2013). Soil contamination with heavy metals and its effect on growth, yield and physiological responses of vegetable crop plants (turnip and lettuce). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9(4), 145-162.

Alyemeni, M. N., & Almohisen, I. A. (2014). Traffic and industrial activities around Riyadh cause the accumulation of heavy metals in legumes: a case study. *Saudi journal of biological sciences*, 21(2), 167-172.

Angelova, V., Ivanova, R., Pevicharova, G., & Ivanov, K. (2010, August). Effect of organic amendments on heavy metals uptake by potato plants. In 19th World congress of soil science, soil solutions for a changing world (Vol. 16).

Assassi, S., Daoudi, A., & Lejars, C. (2017). Les profits " excessifs " des commerçants de fruits et légumes en Algérie: réalité ou préjugé infondé? Le cas de la tomate primeur à Biskra.

Belaid, D. (2018). Algérie: Autosuffisance en légumes secs. Collections brochures agronomiques.

Bessaoud, O., Pellissier, J. P., Rolland, J. P., & Khechimi, W. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie (Doctoral dissertation, CIHEAM-IAMM).

Cheng, J., Law R., Chang, C. 1997. Biosorption of lead, copper and cadmium by biomass of *Pseudomonas aeruginosa* PU21. *Water Res.*, 31, p.1651-1658.

Cheraghi, M., Lorestani, B., Merrikhpour, H., & Rouniasi, N. (2013). Heavy metal risk assessment for potatoes grown in overused phosphate-fertilized soils. *Environmental monitoring and assessment*, 185(2), 1825-1831.

Colak T, Akca T, Ustunsoy B, kanik A, Aydin S, Randomized clinical trial comparing primary closure with the limberg flap in the treatment ok primary sacrococcygeal pilonidal disease. *British Journal of Surgery*, Volume 92, Issue 9, September 2005, Pages 1081-1084.

Derouiche A, Frotscher M. Astroglial processes around identified glutamatergic synapses contain glutamine synthetase: evidence for transmitter degradation. *Brain Res* (1991) 552:346–50. doi:10.1016/0006-8993(91)90103-3

Elawa, O.E. 2015. Impact assessment of industrial pollution on some economic plants south of Cairo Province, Egypt. M.Sc. Thesis, Helwan Uni. Cairo, Egypt. 194 pp.

FAO. 2011. Dairy development in Kazakhstan. Anton van Engelen.

Galal, T. M. (2016). Health hazards and heavy metals accumulation by summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in contaminated soils. *Environmental monitoring and assessment*, 188(7), 1-12.

<https://www.donneesmondiales.com/>, 2022

<https://www.infoclimat.fr/>, 2022

K Hammache, E karapinar, A Ould-Hammouda J. *Math. Anal. On admissible weak contraction in b-metric-like space* 8 (3), 167-180,2017.

Kabata-Pendias A, Pendias H (2001) *Trace elements in soils and plants*. Third Edition. CRC Press Press, Boca Raton, Florida.

Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315.

Kumar, P., Mandal, B., & Dwivedi, P. (2011). Heavy metal scavenging capacity of *Mentha spicata* and *Allium cepa*. *Medicinal Plant-International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 3(4), 315-318.

Leme, D. M., & Marin-Morales, M. A. (2009). *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. *Mutation research/reviews in mutation research*, 682(1), 71-81.

MADR, *Statistiques Agricoles Série B 09*, 2020,65P.

Manzoor, J., Sharma, M., & Wani, K. A. (2018). Heavy metals in vegetables and their impact on the nutrient quality of vegetables: A review. *Journal of plant Nutrition*, 41(13), 1744-1763.

Mhadhbi, F. (2021). *L'impact de l'intensification agricole sur le bien-être territorial dans un pays du sud: analyse empirique dans la situation tunisienne* (Doctoral dissertation, Université d'Avignon; Université de Carthage (Tunisie)).

Öztürk, E., Atsan, E., Polat, T., & Kara, K. (2011). Variation in heavy metal concentrations of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *J Anim Plant Sci*, 21(2), 235-9.

Paul Claval, Michael Jakob, *le paysage*, *Géographie et cultures*, 75 /2010, 266-267.

Radwan, M. A., & Salama, A. K. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and chemical toxicology*, 44(8), 1273-1278.

Ricachenevsky, F. K., Menguer, P. K., Sperotto, R. A., Williams, L. E., and Fett, J. P. (2013). Roles of plant metal tolerance proteins (MTP) in metal storage and potential use in biofortification strategies. *Front. Plant Sci* 4:144.

Soudek, P., Kotyza, J., Lenikusová, I., Petrová, Š., Benešová, D., & Vaněk, T. (2009). Accumulation of heavy metals in hydroponically cultivated garlic (*Allium sativum* L.), onion (*Allium cepa* L.), leek (*Allium porrum* L.) and chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 761-769.

Souria, H. A. M. M. A. C. H. E. (2017). L'agriculture en Algérie: une performance sectorielle hors hydrocarbures. *Journal of Excellence for Economics and Management Research*, 1(02).

Street, R. A., Kulkarni, M. G., Stirk, W. A., Southway, C., & Van Staden, J. (2010). Effect of cadmium on growth and micronutrient distribution in wild garlic (*Tulbaghia violacea*). *South African Journal of Botany*, 76(2), 332-336.

Vara Prasad, M. N., & de Oliveira Freitas, H. M. (2003). Metal hyperaccumulation in plants: biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic journal of biotechnology*, 6(3), 285-321.

Yadav S.K., Juwarkar A.A., Phani Kumar G., Prashant Thawale R., Sanjeev Singh K. et Tapan C., 2009. Bioaccumulation and phyto-translocation of arsenic, chromium and zinc by *Jatropha curcas.*, Impact of dairy sludge and biofertilizer. *Bioresource Technology*: 1-7.

Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African journal of botany*, 76(2), 167-179.

Yang, X., Feng, Y., He, Z., & Stoffella, P. J. (2005). Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of trace elements in medicine and biology*, 18(4), 339-353.

Zaidi, A., Wani, P. A., & Khan, M. S. (2012). Toxicity of heavy metals to legumes and bioremediation (p. 248). Dordrecht: Springer.

Résumé

La présente étude a été réalisée pour étudier la concentration et l'accumulation de métaux lourds des quelques légumes consommés en Algérie et cultivés dans deux zones différentes, le pôle agricole de oued souf et dans la région de frenda (wilaya de Tiaret). Des échantillons de chaque légume ont été obtenus afin d'extraire et de doser quatre métaux lourds à savoir, le fer, le zinc, le cuivre et le cadmium. Des différences significatives dans la variabilité des concentrations des métaux dans chaque espèce. Les concentrations les plus élevées sont toujours enregistrées avec le fer 92,7 ppm, 115,6 ppm, 193,8 ppm et 38,26 ppm ont été obtenus chez la pomme de terre, l'ail, la courgette et le navet respectivement. Cependant, les concentrations les plus faibles sont révélées avec le cadmium. Enfin, le calcul du degré de contamination et de toxicité des métaux lourds dans nos échantillons a montré que les concentrations obtenues sont loin d'être considérées dangereuses pour la santé des consommateurs, à l'exception du cadmium dont quelques résultats obtenus chez la courgette et l'oignon peuvent présenter un danger pour la santé des consommateurs.

Mots clés : Agriculture, Légumes, métaux lourds, toxicité.

ملخص

اجريت هذه التجربة لدراسة تركيز وتراكم المعادن الثقيلة لبعض الخضراوات المستهلكة في الجزائر والمزروعة في منطقتين مختلفتين في الجزائر المنطقة الاولى هي القطب الزراعي لواد سوف والمنطقة الثانية هي فرندة (ولاية تيارت). ولقد تم اخذ عينات من بعض الخضروات من اجل استخراج وقياس اربعة معادن ثقيلة وهي الحديد والزنك والنحاس والكاميوم. اختلافات كبيرة في تباين تراكيز المعادن من كل نوع. تم تسجيل اعلى نسبة تركيز من الحديد 92.7 جزء في المليون , 115.6 جزء في المليون, 193.8 جزء في المليون و 38.26 جزء في المليون تم الحصول عليها في البطاطس, الثوم, الكوسة و اللفت على التوالي. ومع ذلك, تم الكشف عن ادى تركيزات من الكاديوم. وفي الأخير أظهر حساب درجة التلوث و السمية للمعادن الثقيلة في عيناتنا أن التراكم التي تم الحصول عليها بعيدة كل البعد عن كونها خطرة على صحة المستهلكين, باستثناء الكاديوم, حيث قد يتم الحصول عليه في بعض النتائج كالكوسة و البصل حيث تشكل خطرا على صحة المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: الزراعة، الخضراوات، المعادن الثقيلة، تسمم

Abstract

This study was about the conduction, the concentration and the accumulation of some heavy metals from the few vegetables consumed in Algeria and grown in two different areas, the agricultural pole of wadi souf and in the region of frenda (wilaya of Tiaret). We've taken some samples of each vegetable were octenus in order to extract and dose four heavy metals namely, iron, zinc, copper and cadmuim. We've noticed a significant differences in variability of metal concentrations in each species. The main higher concentrations are always enregestrated with iron 92.7 ppm, 115.6ppm, 193.8 ppm and 38.26 ppm were obtained from potatoes, garlic, zucchini and turnip respectively. However, the lowest concentrations are revealed with the cadmuim Finally, the calculation of the contamination degree and toxicity of heavy metals in our samples showed whereas the concentrations obtained are far from being considered dangerous to the health of consumers, with the exception of cadmuim, some of which results obtained from zucchini and onion may cause a danger on the health of the consumers.

Keywords: Agriculture, Vegetables, heavy metals, toxicity.

