

Etude préliminaire de l'impact de certains métaux lourds sur des plantes maraichères dans la région Meknès-Tafilalet

Preliminary study of the heavy metals impact on vegetable crops in the region of Meknes-Tafilalet

A.LAAZIRI*

PhD student

*Department of physics
Nuclear Physics Team,
and transport phenomena.
University Moulay Ismail*

H.ASNAOUI

PhD student

*Department of physics
Nuclear Physics Team,
and transport phenomena
University Moulay Ismail*

M.KHALIS*

team leader

*Department of physics
Nuclear Physics Team,
and transport phenomena.
University Moulay Ismail*

*Corresponding author: abdelziri77@gmail.com

Résumé— Au voisinage de la plupart des villes Marocaines, certains agriculteurs, ont tendance à utiliser les eaux usées pour irriguer leurs plantes potagères et cela en raison de leur richesse en matière organique. Cependant, ils ignorent que ces eaux peuvent contenir des polluants inorganiques qui peuvent avoir des répercussions néfastes sur la santé des consommateurs.

Cette étude a pour objectif l'évaluation de l'impact de certains métaux lourds contenus dans les eaux usées sur des plantes maraichères à consommation courante. Cette étude est menée sur deux plantes à savoir le Persil et la Laitue, cultivées dans deux terrains agricoles avoisinant la ville de Meknès et irriguées par des eaux usées.

Les analyses par ICP-AES effectuées sur ces eaux usées ont montré une concentration anormale de Fer (5,1 mg/l) et d'Aluminium (4 mg/l). Pour avoir une idée sur la composition initiale du sol agricole avant irrigation, celui-ci a été analysé et les résultats préliminaires ont montré des concentrations de l'ordre de (8 µg/g) pour le Plomb, (658 µg/g) pour le Fer, (280 µg/g) pour l'Aluminium et (11 µg/g) pour le Manganèse.

Pour les deux plantes analysées, les résultats ont montré une accumulation significative de l'ordre de (1,6 µg/g) pour l'Aluminium, (5,8 µg/g) pour le Fer, dans les feuilles de la laitue et une fixation élevée de l'ordre de (0,4 µg/g) pour le Plomb, (1 µg/g) pour le Manganèse respectivement dans les racines et les feuilles du persil.

Mots clés— Métaux lourds, eau usée, plantes maraichères, ICP-AES.

Abstract— *Some farmers tend in the vicinity of most Moroccan cities to irrigate their vegetable plants by waste water by reason of their richness in organic matter. However, they are unaware that these waters can contain inorganic pollutants which may have harmful impact on the consumers health.*

The aim of this study is to evaluate the impact of some heavy metals contained in waste water on vegetable crops conceived for consumption. This study was conducted on two plants namely parsley and lettuce, grown in two lands surrounding the city of Meknes, and irrigated by waste water.

The ICP-AES analyzes performed on waste water showed an abnormal concentration of Iron (5mg/l) and Aluminium (4mg/l), in other hand the agricultural soil composition before its irrigation showed concentrations in the order of (8µg/g) of Lead, (658µg/g) of Iron, (280µg/g) of Aluminium and (11µg/g) of Manganese.

Results showed for both plants a significant accumulation in order of (1,6µg/g) of Aluminium and (5,8µg/g) of Iron in lettuce leaves, and an elevated fixing concentration in order of (0,4µg/g) of Lead and (1µg/g) of Manganese registered respectively in the roots and leaves of parsley.

Keywords— *heavy metals, waste water, vegetable crops, ICP-AES.*

I. INTRODUCTION

La région de la ville de Meknès est une zone favorable à l'agriculture intensive favorisée par des précipitations régulières et abondantes (> 600 ml/an). Cependant les coûts élevés associés à l'utilisation des engrais, amènent certains agriculteurs à utiliser les eaux usées pour l'irrigation, en particulier celles utilisées pour les cultures maraichères qui alimentent les différents marchés de la ville. Ces eaux usées, riches en matière organique et en éléments fertilisants [1] contiennent des éléments chimiques indésirables qui peuvent avoir des teneurs élevées en métaux lourds [2,3] lesquels s'accumuler dans le sol et, selon des conditions biogéochimiques y diffuser par divers phénomènes (adsorption, absorption ...) [4]. Les métaux dans les eaux usées sont absorbés par les plantes [5,6], et peuvent éventuellement les contaminer.

Dans ce travail on va s'intéresser au Persil et la Laitue, ces plantes sont cultivées dans deux parcelles de terre agricole avoisinant la ville de Meknès et irriguées par des eaux usées. Dans une première étape on va procéder à l'analyse des eaux d'irrigation et du sol avant semence. Au cours de la deuxième étape on va déterminer, par des méthodes spectrométriques d'analyses, la répartition éventuelle des métaux absorbés par ces plantes au niveau des racines, des tiges et des feuilles et comparer leur concentration éventuelle avec les doses tolérées par les organismes internationaux.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

A. Caractéristiques de la zone d'étude

La zone d'étude se situe dans la plaine du saïs, l'une des plaines les plus fertiles du Maroc, une région où se développe une agriculture intensive de cultures maraîchères.

Deux sites agricoles irrigués par les eaux usées (site I et site II), sont sélectionnés pour effectuer cette étude qui a eu lieu au printemps 2013; le site I nommé Ain Kerma, situé à la rive gauche d'Oued Rdoum à 11 Km de Meknès, et le site II situé à la rive gauche de Oued Boufekrane à 500m de la ville de Meknès. Les deux plantes étudiées sont le Persil et la Laitue cultivées respectivement dans le site I et le site II.

Le choix des sites est dicté par les conditions suivantes:

Tableau 1: le choix des sites de prélèvement

Site I	<ul style="list-style-type: none"> Irrigué par les eaux usées d'Oued Rdoum (la rencontre des deux Oueds: Boufekrane et Ouislan). Pour des raisons inconnues, la culture de la Laitue est impossible.
Site II	<ul style="list-style-type: none"> Dans ce site la Laitue et le Persil sont cultivés normalement et irrigués par les eaux usées d'Oued Boufekrane.

B. Echantillonnage

Les plantes sont prélevées par temps sec avec racines, tiges et feuilles. Elles sont débarrassées des éléments terreux grossiers adhérents avant d'être conditionnées séparément dans des sacs en plastiques fermés et préalablement rincés à l'eau distillée [7,11]. Pour chaque plante, on a récupéré 500 g du sol collé aux racines dans des sachets stériles et conservés à 4 °C [8,10,11].

Pour l'eau d'irrigation, 500 ml sont prélevés dans des conteneurs en polyéthylène préalablement rincés à l'acide nitrique puis à l'eau distillée pour éviter toute contamination extérieur. Ces échantillons sont conservés à 4°C, en présence de 2,5 ml d'acide nitrique pur (pour éviter l'adsorption des éléments à analyser sur les parois des conteneurs) [9,10,11,12].

Les échantillons d'eaux sont prélevés au niveau du site I à 11 km de la ville de Meknès dans les conditions suivantes (tableau 2):

Tableau 2: les caractéristiques d'eau d'irrigation

Date de prélèvement	Profondeur en (m)	Couleur de l'eau	PH	Température	Conductivité (µs/cm)	O ₂ dissous (mg O ₂ /l)	Conditionnement
12 février 2014	0,25	Sombre	7,95	16 °C	1025	7,6	Tube en polyéthylène

C. Préparation et analyse des échantillons

Les plantes collectées sont abondamment lavées à l'eau distillée (pour éliminer les fines particules de terre restant collées). Les différentes parties de la plante (tiges, feuilles et racines) sont séparées et séchées dans une étuve à une température de 75°C pendant 72h [7]. L'échantillon obtenu est écrasé à l'aide d'un mortier pour obtenir une poudre fine [7].

Les échantillons des sols sont séchés à une température de 75°C à l'étuve pendant 72 heures. Afin de séparer la terre fine (fraction inférieure à 2 mm), les échantillons sont tamisés avec un tamis à trous ronds de 2mm de diamètre et sont ensuite analysés [7,8,10].

Le dosage de nos échantillons est effectué par la méthode ICP-AES (Inductively Coupled-Plasma/Atomic- Emission-Spectrometry). Le spectromètre d'émission utilisé est mis à notre disposition par le CNRST (Centre National de Recherche Scientifique et Technique), il est de type Jobin Yvon Ultima 2. Une quantité de 1g du sol et du matériel végétal est minéralisée en présence de l'eau régale (mélange de 1 volume d'acide nitrique HNO₃ concentré avec 3

volumes d'acide chlorhydrique HCl). Le minéralisât est repris par rinçages successifs avec de l'eau ultra – pure, puis filtré sur une membrane de 0,45µm et complété jusqu'à un volume de 50ml [12,13,14].

III. RÉSULTAS ET DISCUSSIONS

A. Résultats d'analyse des métaux lourds dans les eaux usées d'irrigation

Les résultats d'analyse qualitative pour le site I des eaux d'irrigation sont représentés dans le tableau 3

Tableau 3: Composition en métaux lourds des eaux d'irrigation (mg/l)

L'élément	Concentration en (mg/l)	Les teneurs moyennes d'une rivières Marocaines en (mg/l) [15]	Les valeurs tolérées en (mg/l) [15]	Les valeurs standards des eaux naturelles dans les rivières en (ppb) [16]
Al	4	-	5	50
Fe	5,1	1-2	5	40
Mn	0,2	0,5-1	0,2	7
Pb	$1,4.10^{-2}$	$10^{-2} - 5.10^{-2}$	-	1
Ba	$9,41.10^{-2}$	0,7-1	-	-
Sr	0,17	-	-	-

D'après le tableau 2, on constate que le PH des eaux d'irrigation est basique ($7 < \text{pH} < 9,2$) et que la valeur de la conductivité électrique est élevée ($1300\mu\text{s/cm} < \text{conductivité} < 2700 \mu\text{s/cm}$).

Les résultats obtenus montrent des concentrations élevées pour le Fer et l'Aluminium (5,1mg/l pour le Fer et 4 mg/l pour l'Aluminium). Ces valeurs sont supérieures aux valeurs standards reconnus pour les eaux naturelles des rivières [16]. Les autres éléments comme le Plomb et le manganèse présentent des valeurs normales (0,014 mg/l pour le Plomb et 0,2 mg/l pour le manganèse), ceci est lié à la période d'échantillonnage qui a connu une pluviométrie élevée donc une dilution des solutions ; un échantillonnage par temps secs en été rapportera plus d'information sur ces résultats.

B. Résultats d'analyse des métaux lourds dans le sol agricole :

Les résultats obtenu pour le site I montrent des concentrations élevées pour l'Aluminium et le Fer (280 µg/g pour l'Aluminium, 658 µg/g pour le Fer, 10,9 µg/g pour le Manganèse et 3,36 µg/g pour le Plomb).

Pour le cite II, à l'exception du Plomb les valeurs enregistrées sont moins élevées (380 µg/g pour le Fer, 172 µg/g pour l'Aluminium, 10 µg/g pour le Manganèse et 8 µg/g pour le Plomb).

Nous constatons que les fortes concentrations en Fer et en Aluminium, obtenues dans les sols des deux parcelles de terre agricole, sont liées à l'abondance de ces deux métaux, observés dans les eaux d'irrigation.

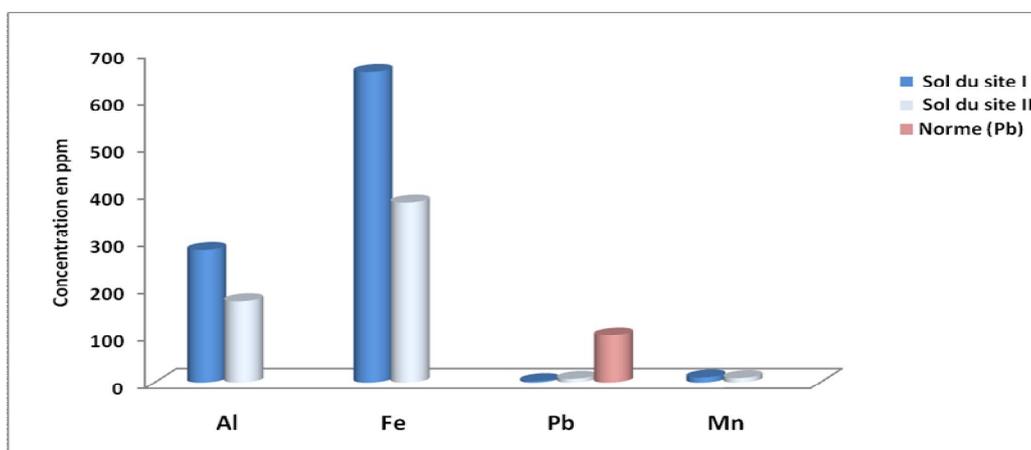


Figure 1: les teneurs en métaux lourds du sol des deux sites (µg/g)

C. Résultats d'analyse des métaux lourds dans les plantes

Les résultats d'analyse des métaux lourds pour le Persil et la Laitue au niveau des racines, des tiges et des feuilles sont représentés sur le tableau 4.

Tableau 4: les concentrations des quatre métaux Al, Fe, Pb et Mn détectés dans le Persil et la Laitue (en $\mu\text{g/g}$)
 () La concentration maximale admise pour le Plomb (en $\mu\text{g/g}$)

Métaux lourds	Al	Fe	Pb	Mn
Le Persil				
Feuille	1.2	4.3	0.1 (0.3)	1.0
Tige	0.5	1.6	0.3 (0.3)	0.3
Racine	0.9	4.3	0.4 (0.3)	0.3
La Laitue				
Feuille	1.6	5.8	0.3 (0.3)	0.3
Tige	0.4	2.6	0.3 (0.3)	0.2
Racine	0.4	2.3	0.2 (0.3)	0.4

Pour le persil, l'analyse a révélé que le Fer présente une concentration élevée au niveau des feuilles et des racines ($4,3\mu\text{g/g}$). Pour l'Aluminium, il se concentre au niveau des feuilles ($1,2\mu\text{g/g}$). On note que le Manganèse présente une concentration élevée dans les feuilles ($1\mu\text{g/g}$). Pour le Plomb, il présente des concentrations élevées avoisines de celle tolérables par l'OMS ($0.3\mu\text{g/g}$) [17] dans les feuilles et les racines pour la laitue et le Persil. Ces résultats sont regroupés dans les figures 2 et 3.

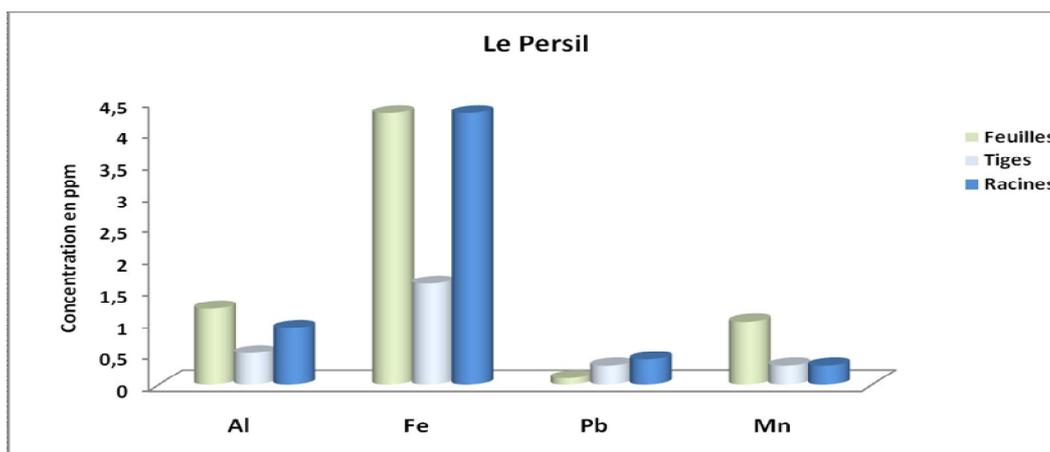


Figure 2: les teneurs en métaux lourds au niveau des racines, tiges et feuille du Persil ($\mu\text{g/g}$)

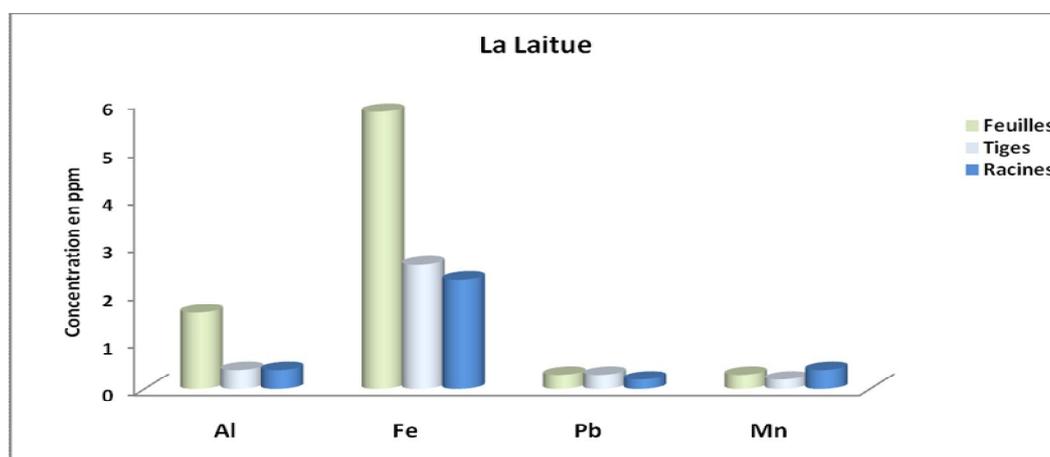


Figure 3: Les teneurs en métaux lourds au niveau des racines, tiges et feuille de la Laitue ($\mu\text{g/g}$)

Pour avoir une idée sur l'évolution des concentrations de ces quatre éléments (Al, Fe, Pb et Mn) dans les différentes parties de la Laitue et du Persil, nous avons résumé les résultats obtenus dans les figures 4 et 5.

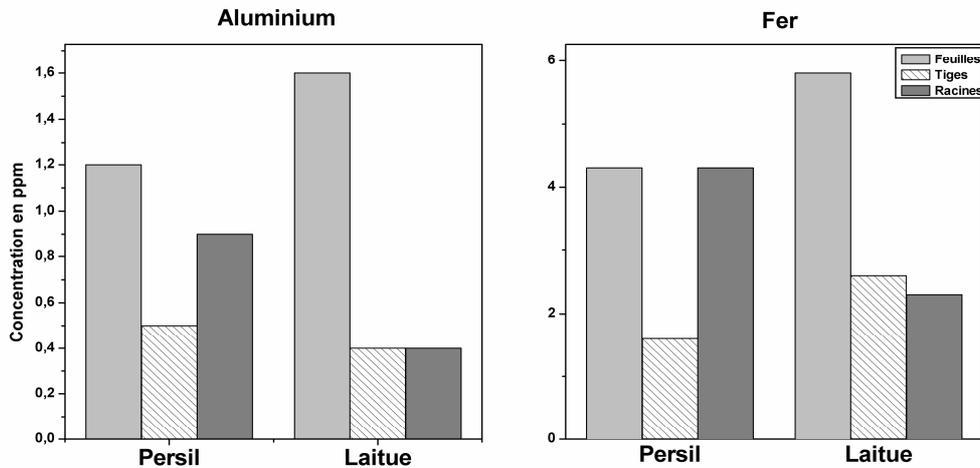


Figure 4: Evolution de la concentration du Fer et de l'Aluminium au niveau des feuilles, tiges et racines du Persil et de la Laitue

Les concentrations du Fer sont très élevées dans les deux plantes étudiées, où la teneur maximale peut atteindre 5,8 $\mu\text{g/g}$, enregistrée dans les feuilles de la Laitue, tandis que la teneur la plus faible obtenue est de l'ordre de 1,6 $\mu\text{g/g}$, enregistrée dans les tiges du Persil (figure 4).

Les teneurs en Aluminium varient entre 0,4 $\mu\text{g/g}$ et 1,6 $\mu\text{g/g}$. On note particulièrement des teneurs élevées au niveau des feuilles du Persil et de la Laitue, respectivement 1,2 $\mu\text{g/g}$ et 1,6 $\mu\text{g/g}$ (figure 4). Nous remarquons que les concentrations du Fer et celle de l'Aluminium enregistrées dans le Persil et la Laitue ont le même comportement.

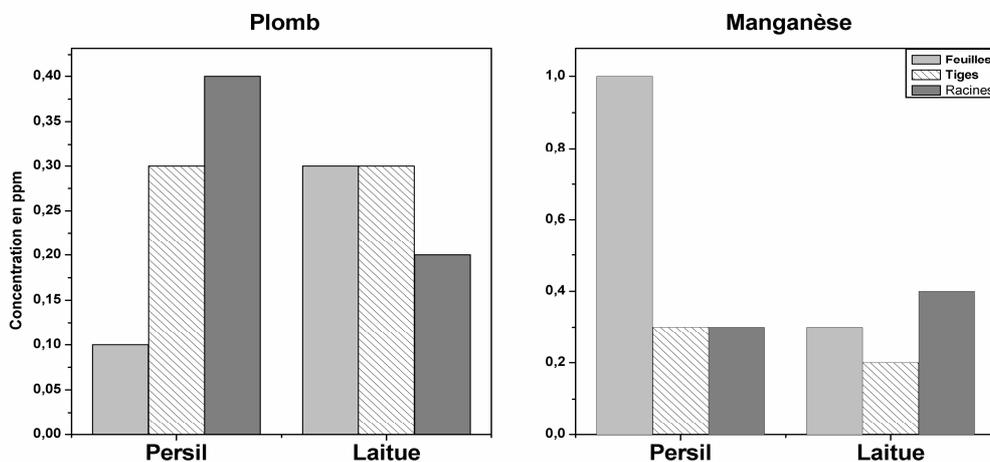


Figure 5: Evolution de la concentration du Plomb et du Manganèse au niveau des feuilles, tiges et racines du Persil et de la Laitue

Le Manganèse est très abondant dans les feuilles des plantes étudiées, notamment celles du Persil où la teneur maximale peut atteindre 1 $\mu\text{g/g}$. Les faibles teneurs varient entre 0,2 $\mu\text{g/g}$ et 0,4 $\mu\text{g/g}$ enregistrées au niveau des tiges et des racines des deux plantes (figure 5).

Les concentrations du Plomb sont élevées et peuvent atteindre un maximum de 0,4 $\mu\text{g/g}$, enregistrée au niveau des racines du persil, tandis que la teneur la plus faible obtenue est de l'ordre de 0,1 $\mu\text{g/g}$ détectée au niveau des feuilles. Les autres teneurs enregistrées au niveau des tiges du Persil et dans la Laitue oscillent entre 0,2 $\mu\text{g/g}$ et 0,3 $\mu\text{g/g}$ (figure 5).

Nous constatons que les teneurs en plomb dépassent la concentration maximale admise (0,3 $\mu\text{g/g}$) fixée par les normes européennes et les recommandations de l'OMS [17]. Ces valeurs élevées du Plomb dans la Laitue et le Persil (tableau 4) sont en accord avec les résultats trouvés dans les sols, notamment le sol du site II.

Nous en concluons que l'étude de la concentration des métaux lourds (Al, Fe, Pb et Mn) chez les deux plantes maraichères à savoir le Persil et la Laitue irriguée par les eaux usées de la ville de Meknès, montre que ses teneurs varient en fonction du site de prélèvement et en fonction de l'organe de la plante analysé (feuilles, tiges et racines).

IV. CONCLUSION

Les analyses montrent que la concentration des métaux lourds dans les différentes parties de la plante (Fe, Al, Mn et Pb) n'est pas nuisible à la santé à court terme, par contre, vu l'effet cumulatif dans le corps humain, ces concentrations peuvent se révéler dangereuse pour la santé publique à long terme. En raison de l'effet évolutif de la pollution des cours d'eau il est capital de faire un suivi sanitaire périodique pour prévenir d'éventuelles maladies liées à cette contamination.

REFERENCES

- [1] R.L. Chaney, 1988. Effective utilisation of sewage sludge on cropland in United States and toxicological considerations for land application. In: Land Application of Sewage Sludge. Association for the Utilisation of Sewage Sludge, Tokyo, pp. 77-105.
- [2] K. Moriyama, T. Mori, H. Arayashiki, H. Saito, and M. Chino, 1989. The amount of heavy metals derived from domestic wastewater. Wat. Sci. Tech., 21, 1913-1916.
- [3] G. Theissen, 1995. Eaux usées et maraîchage. Attention aux métaux lourds et aux exigences sanitaires. Nouvelles économiques, Afrique Agriculture, 232, p. 12.
- [4] M.J. Mench, A. Manceau, J. Vangronsveld, H. Clijsters, and B. Mocquot, 2000. Capacity of soil amendments in lowering the phytoavailability of sludge-borne Zinc. Agronomics, 20, 383-397.
- [5] A. Jalil, F. Selles, and J.M. Clarke, 1994a. Growth and cadmium accumulation in two durum wheat cultivars. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 25, 15 & 16, 2597-2611.
- [6] Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, volume II utilisation des eaux usées en agriculture 2012.
- [7] O. Bouchouata, B. Jaafar, M. Bounakhla, A. Doukkali, B. Attarasi, Study of heavy metal contamination of irrigation water and vegetable crops in the area M'nasra (Gharb, Morocco).2011
- [8] K. El-Djabine, Évaluation et comportement des métaux lourds (Cd – Cr – Cu – Ni – Pb – Zn et Mn) dans les sols à vocations agricoles et végétation naturel. Thèse d'état, Université Mentouri de Constantine, 212 p, 2005.
- [9] M. Saadallah, Contribution à l'étude de la pollution métallique des sédiments des cours d'eaux Marocains. Cas de l'oued Boufekrane. Thèse de 3ème cycle, Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences de Meknès, 241p, 1991
- [10] D. Abrid, A. El Hmaid, A. Abdallaoui, O. Fassi Fihri, A. Essahlaoui, Pollution impact on Boufekrane river water's (Meknes – Morocco) : Physico-chemical and bacteriological study. Phys. Chem. News, 58, 98-104, 2011.
- [11] A. Tremel-Schaub et I. Feix, (2005). Contamination des sols- Transfert des sols vers les plantes (413 PAGES).
- [12] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet et Coll, L'analyse de l'eau. 9ème Edition, Dunod, Poitier, 1400p, 2009.
- [13] G. Aubert, Méthodes d'analyses des sols. Centre National de Documentation Pédagogique Marseille, 189p, 1978.
- [14] M. Fekhaoui, L. Bennasser. et M. Bouachrine, Utilisation d'un nouvel indice d'évaluation de la contamination métallique des sédiments: cas du bas Sebou (Maroc). Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, 20, 143-150, 1996.
- [15] Directives marocaine, agence du bassin hydraulique de la Moulouya, gestion du domaine publique hydraulique, Recueil de la loi n° 10-95 sur l'eau et de ses textes d'application.
- [16] T. Ross and M. Scott. The continental crust: its composition and evolution. P: 14-20. 1985, Blackwell scientific publications. London.
- [17] Règlement officiel de la commission européenne portant sur la fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, journal officiel de l'union européenne, 2006.