



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin

Elisabeth YEHOUEYOU AZEHOUN PAZOU\*, Judicaël AZEHOUN PAZOU et Mahoudjro Roméo ADAMO

Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Département de Génie de l'Environnement, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526, Cotonou, Bénin.

\*Auteur correspondant, E-mail: [yehouenoue@yahoo.fr](mailto:yehouenoue@yahoo.fr), Tél.: +229 95 84 18 07

### RÉSUMÉ

Le maraîchage dans les villes et les localités périurbaines ne sont pas sans conséquence sur la qualité des produits maraîchers qui y sont cultivés. La présente étude vise à évaluer la qualité des produits maraîchers consommés au Bénin afin de mieux appréhender les risques pour la santé humaine. Les métaux lourds (Pb, Cu et Zn) ont été dosés par la spectrophotométrie d'absorption atomique dans le sol et les cultures maraîchères fraîches et cuites. Il ressort de l'étude que le sol des différentes cultures maraîchères est contaminé par les métaux lourds (Pb : 0,028 à 2,235 mg/kg, Cu : 0,037 mg/kg à 0,264 mg/kg, Zn : 0,613 à 3,234 mg/kg) ainsi que le compost utilisé pour son amendement (Pb : 0,224 mg/kg, Cu : 0,419 mg/kg et Zn : 1,717 mg/kg). Les cultures maraîchères analysées sont aussi contaminées par les métaux lourds (Pb : 0,009 à 4,124 mg/kg, Cu : 0,073 mg/kg à 2,146 mg/kg, Zn : 0,573 à 14,12 mg/kg) avec des facteurs de bioconcentration allant à plus de 4 pour le *Brassica oleracea* et 8 pour le *Vernonia amygdalina* qui sont les plus contaminés. Toutefois, la cuisson a entraîné une réduction considérable des teneurs en métaux lourds, ce qui réduit le risque sanitaire pour le consommateur. Une vigilance de la population et une variation de l'alimentation sont alors importantes pour garantir une meilleure santé. Il est prévu de continuer les travaux de recherche sur d'autres spéculations maraîchères et polluants chimiques.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** Éléments métalliques, spéculations maraîchères, influence modes de cuisson.

### Determination of heavy metals in soil and vegetable products in Benin

#### ABSTRACT

Market gardening in towns and peri-urban localities is not without consequence on the quality of the market garden products which are cultivated there. This study aims to evaluate the quality of market garden produce consumed in Benin in order to better understand the risks to human health. Heavy metals (Pb, Cu and Zn) were determined by atomic absorption spectrophotometry in soil and fresh and cooked vegetable crops. The study showed that the soil of the various vegetable crops is contaminated by heavy metals (Pb: 0.028 to 2.235 mg/kg, Cu: 0.037 mg/kg to 0.264 mg/kg, Zn: 0.613 to 3.234 mg/kg) and the compost used for its amendment too (Pb: 0.224 mg/kg, Cu: 0.419 mg/kg and Zn: 1.717 mg/kg). The vegetable crops analyzed are also contaminated by heavy metals (Pb: 0.009 to 4.124 mg/kg, Cu: 0.073 mg/kg to 2.146 mg/kg, Zn: 0.573 to 14.12 mg/kg) with

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.31>

8475-IJBSC

bioconcentration factors ranging from more than 4 for *Brassica oleracea* and 8 for *Vernonia amygdalina* which are the most contaminated. However, cooking has resulted in a significant reduction in heavy metal contents, which reduces the health risk for the consumer. A vigilance of the population and a variation of the food are then important to guarantee a better health. It is planned to continue research on other vegetable crops and chemical pollutants

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Metallic elements, vegetables crops, cooking methods influence.

## INTRODUCTION

De nos jours, la culture maraîchère périurbaine se développe dans les grandes villes africaines (Temple et Moustier, 2004) et Cotonou, la capitale économique du Bénin, et ses banlieues ne font pas exception. Le maraîchage urbain en Afrique est en effet considéré comme une solution aux problèmes d'approvisionnement en légumes des villes de plus en plus peuplées (Aguéh et al, 2015).

Au Bénin, le taux d'urbanisation en 2007 était estimé à 46%, ce qui entraîne une forte croissance démographique et une augmentation des besoins alimentaires dans les villes du Bénin (Assogba, 2008). Pour satisfaire une demande sans cesse croissante, les exploitants maraîchers adoptent une stratégie d'amélioration de leur productivité, basée sur l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides (Agbossou et al, 2003). En effet, à cause de la cherté des pesticides chimiques spécifiques au maraîchage, les maraîchers préfèrent utiliser des pesticides chimiques prohibés afin de produire des légumes apparemment sains pour satisfaire la forte demande de la population (Akogbeto et al, 2005 ; Alhou, 2007). Le risque lié à l'emploi de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères (PAZH, 2000).

Quant aux métaux lourds, ils sont absorbés par les racines des plantes et s'accumulent dans les feuilles. Les légumes à feuilles comme les laitues sont plus exposés aux risques de contamination par les métaux lourds que les légumes comme les haricots, les pois, les tomates et les poivrons, qui n'en absorbent que de faibles quantités (Beausoleil

et Price, 2010). Outre les risques qu'ils présentent pour les consommateurs, les métaux lourds peuvent aussi accentuer la vulnérabilité des plantes aux maladies et aux ravageurs, ce qui entraîne généralement une utilisation excessive de pesticides responsable de la présence dans les végétaux de résidus de pesticides en quantités supérieures aux limites acceptables (Beausoleil et Price, 2010).

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des produits maraîchers consommés au Bénin, afin de mieux appréhender les risques pour la santé humaine.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Zone d'étude

La présente étude s'est déroulée sur le site maraîcher de Houéyiho dans la ville de Cotonou.

### Prélèvement des échantillons de sol et de produits maraîchers

Les produits maraîchers qui ont fait l'objet de cette étude ont été prélevés sur le site maraîcher de Houéyiho à Cotonou. Ils ont été transportés et séchés à la température ambiante du laboratoire avant les différentes analyses.

Le sol de chaque plante de produits maraîchers a été prélevé dans des sachets stériles de marque Gammsol.

Le compost fabriqué sur le site maraîcher et utilisé pour amender les sols a été également prélevé et analysé.

### Choix des cultures maraîchères et métaux lourds

Les critères de choix des produits maraîchers sont : leur disponibilité pendant toute l'année et leur appréciation par la population. Les espèces prélevées sont : *Vernonia amygdalina*, *Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Lactuca sativa* et

*Brassica oleracea*. Cent grammes (100 g) de chaque espèce ont été prélevés.

Les métaux lourds comme le plomb sont choisis dans cette étude car ils sont les plus toxiques pour l'homme et plus fréquemment retrouvés dans l'environnement (Viala et Grimaldi, 2005). Le cuivre et le zinc leur sont associés pour deux raisons : d'abord chimiquement ils ne sont pas des métaux et ensuite ils ne sont toxiques qu'au-delà d'un certain seuil.

### Partie choisie pour l'analyse

Pour mieux apprécier les risques encourus par les consommateurs, il a été convenu d'analyser les feuilles, qui représentent d'ailleurs la partie consommée par les populations.

### Méthode de cuisson des produits maraîchers

Pour chaque espèce, les feuilles ont d'abord été enlevées de leur tige. Ensuite, elles ont été poolées, rincées à l'eau distillée avant d'être bouillies. Signalons que seuls les légumes *Vernonia amygdalina*, *Amaranthus hybridus*, et *Solanum macrocarpum*, ont été cuits.

### Dosage des métaux lourds

Les échantillons frais et cuits des produits maraîchers prélevés ont d'abord été séchés à la température ambiante du laboratoire et ont ensuite été minéralisés dans un four à moufle programmable. Après la minéralisation, les échantillons ont été analysés par la spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A) avec un spectrophotomètre d'absorption atomique Spectr AA110 accompagné de son ordinateur de pilotage. Quant aux échantillons de sol, ils ont été broyés, minéralisés et analysés par la S.A.A.

### Détermination du facteur de bioconcentration

Le facteur de bioconcentration (FBC) des métaux lourds a été calculé pour chaque culture maraîchère par la formule utilisée par Casas (2005) :

$$FBC = \frac{C}{C_e}$$

Où :

C : concentration finale en éléments traces de l'organisme (mg/kg) ;

C<sub>e</sub> : concentration environnementale ou norme environnementale (mg/kg).

### Analyse statistique

Les données de teneurs en métaux lourds issues des analyses au laboratoire ont été soumises à un modèle linéaire à effet mixte afin d'évaluer leur variation suivant le mode de cuisson et les espèces de produits maraîchers. La forme des produits (fraîche et cuite) et le facteur espèce ont été considérés comme fixes et la répétition comme aléatoire. Le modèle linéaire à effet mixte a été possible grâce à la fonction lmer du package lmerTest (Kuznetsova, et al., 2017). Les moyennes ajustées ont été obtenues par la fonction lsmeans du package lsmeans (Russell, 2016). Le package ggplot2 (Wickham, 2016) a permis de présenter ces moyennes sous forme graphique.

Afin d'évaluer la corrélation deux à deux entre les différents métaux lourds analysés, la fonction corrplot du package corrplot (Taiyun and Viliam, 2017) a été utilisée avec la méthode de Pearson.

Toutes les analyses et graphiques ont été réalisées dans l'environnement du logiciel R 3.5.1.

## RÉSULTATS

### Concentrations de métaux lourds dans les sols et les produits maraîchers frais et cuits

Les résultats de la présente étude ont révélé que le sol de la quasi-totalité des cultures maraîchères est contaminé par le plomb, le cuivre et le zinc (Tableau 1). Les concentrations de plomb dans le sol des différentes cultures varient de 0,028 mg/kg (*Brassica oleracea*) à 2,235 mg/kg (*Amaranthus hybridus*). Celles du cuivre varient de 0,037 mg/kg (*Brassica oleracea*) à 0,264 mg/kg (*Vernonia amygdalina*). Quant au zinc, les concentrations varient de 0,613 mg/kg (*Brassica oleracea*) à 3,234 mg/kg (*Vernonia amygdalina*).

Les concentrations moyennes du plomb, du cuivre et du zinc enregistrées dans le compost prélevé sont respectivement de 0,224

mg/kg, 0,419 mg/kg et 1,717 mg/kg (Tableau 1).

Le dosage des métaux lourds dans les cultures maraîchères fraîches prélevées a révélé la présence du plomb, du cuivre et du zinc dans toutes les cultures maraîchères fraîches prélevées (Figure 1). Les concentrations moyennes de plomb enregistrées dans *Vernonia amygdalina* frais (4,124 mg/kg) et *Brassica oleracea* frais (0,136 mg/kg) sont supérieures aux normes de l'OMS (0,1 mg/kg). De même, celles du zinc dans *Vernonia amygdalina* (14,120 mg/kg) sont aussi supérieures aux normes de l'OMS (5 mg/kg). Contrairement aux métaux précédents, les concentrations moyennes du cuivre dans les cultures maraîchères sont toutes inférieures aux normes de l'OMS (0,3 mg/kg). Aussi constate-t-on que de toutes les spéculations analysées, *Vernonia amygdalina* est celle qui accumule le plus ces trois métaux lourds.

Les concentrations moyennes de métaux lourds obtenues dans *Vernonia amygdalina* cuit (Pb : 0,029 mg/kg, Cu : 0,076 mg/kg, Zn : 0,795 mg/kg), dans *Amaranthus hybridus* cuit (Pb : 0,049 mg/kg, Cu : 0,069 mg/kg, Zn : 0,996 mg/kg) et dans *Solanum macrocarpum* cuit (Pb : 0,025 mg/kg, Cu : 0,091 mg/kg, Zn : 0,706 mg/kg), ont considérablement diminué (Figure 1).

L'analyse statistique de ces résultats permet d'observer que la teneur du plomb, du cuivre et du zinc varie significativement suivant le mode de cuisson, l'espèce et même suivant l'interaction de ces deux facteurs ( $p < 0,05$ ) (Tableau 2).

### **Bioconcentration des métaux lourds dans les produits maraîchers**

La bioconcentration des métaux lourds dans les produits maraîchers a été apprécié à travers le calcul du facteur de bioaccumulation (Tableau 3). Les résultats ont montré que les feuilles de *Vernonia* accumulent plus de 2 fois le plomb, 8 fois le cuivre et 4 fois le zinc que les concentrations enregistrées dans son sol. Le Chou accumule plus de 4 fois le plomb, 3 fois le cuivre et près de 2 fois le zinc que les concentrations enregistrées dans son sol. Quant aux autres cultures, les facteurs de

bioconcentration sont inférieurs à 1. On peut en déduire que les feuilles de *Vernonia* et de chou sont les plus grands bioconcentrateurs de métaux lourds en particulier le plomb, le cuivre et le zinc.

### **Comparaison des concentrations de métaux lourds des sols aux produits maraîchers cuits**

Les résultats (Tableau 4) ont montré que pour les plantes de *Solanum macrocarpum*, les concentrations des trois métaux lourds à l'exception du cuivre ont été réduites dans les feuilles fraîches par rapport à leur sol analysé. Les feuilles de *Solanum macrocarpum* cuites sont moins concentrées en métaux lourds que les feuilles fraîches. En ce qui concerne le cuivre, il a été constaté une légère augmentation dans les feuilles cuites de *Solanum macrocarpum*.

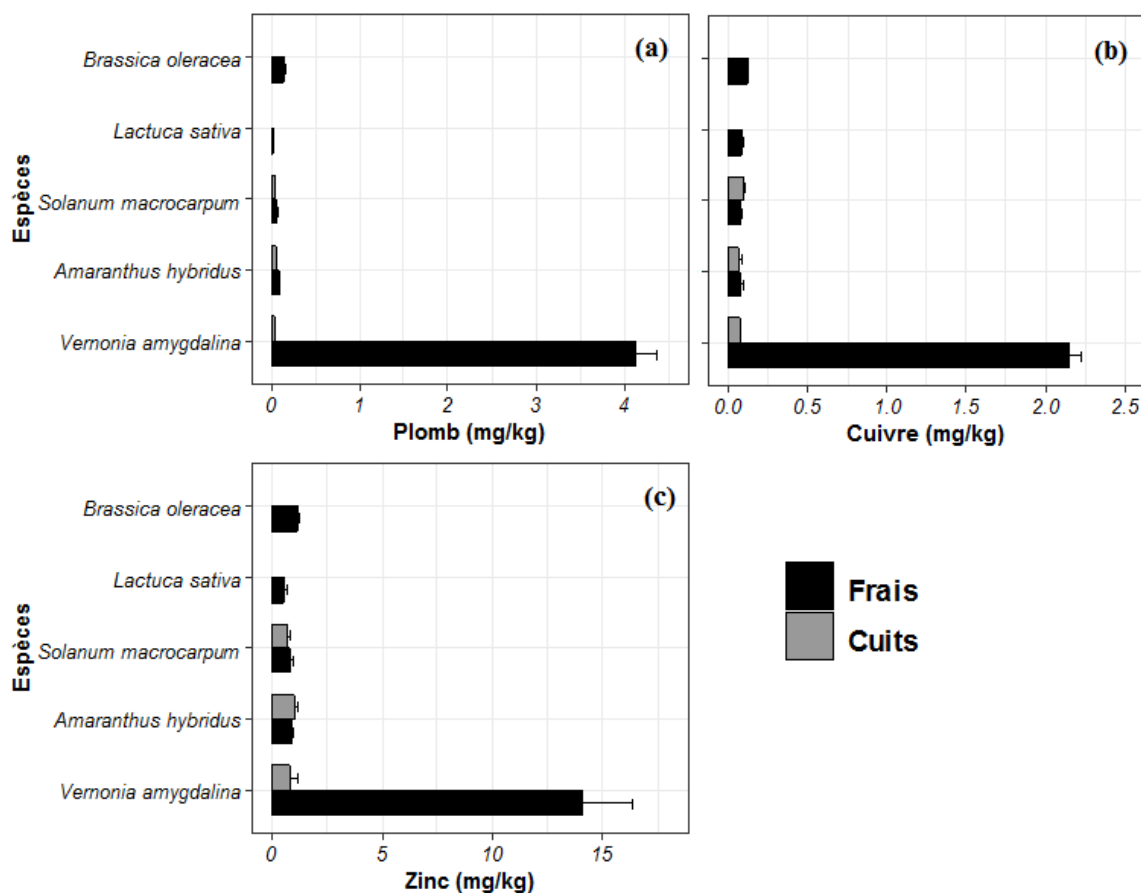
Pour *Amaranthus hybridus*, les concentrations des trois métaux lourds à l'exception du zinc ont été réduites dans les feuilles fraîches par rapport à leur sol analysé. Les feuilles de *Amaranthus hybridus* cuites sont moins concentrées en métaux lourds que les feuilles fraîches. En ce qui concerne le zinc, il a été constaté une légère augmentation dans les feuilles cuites de *Amaranthus hybridus* (Tableau 4).

Par contre pour *Vernonia amygdalina*, les concentrations des mêmes métaux, plomb, cuivre et zinc, ont augmenté respectivement 2 fois, 8 fois et 4 fois d'abord dans la forme fraîche par rapport à leur sol, avant de diminuer considérablement dans la forme cuite. Mais d'une manière globale, il a été constaté une migration des métaux lourds du sol vers les plantes via les feuilles consommées. Mais la cuisson de ces feuilles entraîne une réduction considérable des métaux dosés (Tableau 4).

L'analyse statistique a révélé une forte corrélation entre le zinc puis le plomb et le cuivre d'une part et entre le plomb et le cuivre dans les produits maraîchers frais. Pour les produits maraîchers cuits, la corrélation a été faible et négative entre le cuivre et le plomb et puis le zinc (Figure 2).

**Tableau 1 :** Variation de la concentration des métaux lourds dans le sol des différentes cultures maraîchères et le compost.

Sols des cultures maraîchères et compost	Plomb (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
<i>Solanum macrocarpum</i>	0,409	0,183	2,385
<i>Brassica oleracea</i>	0,028	0,037	0,613
<i>Lactuca sativa</i>	0,483	0,239	2,615
<i>Amaranthus hybridus</i>	2,235	0,247	3,098
<i>Vernonia amygdalina</i>	1,576	0,264	3,234
Compost	0,224	0,419	1,717
Normes OMS	0,1	3	5
<i>Vernonia amygdalina</i> cuit	0,029	0,076	0,795



**Figure 1 :** Variation des concentrations en métaux lourds dans les produits maraîchers

**Tableau 2 :** Résultats du modèle linéaire à effet mixte sur la variation des teneurs en métaux lourds.

	Plomb			Cuivre		Zinc	
	ddl	F	Prob	F	Prob	F	Prob
MC	1	1115,13	<0,001	2493,15	<0,001	134,18	<0,001
E	4	364,13	<0,001	807,78	<0,001	44,23	<0,001
MC : E	2	366,46	<0,001	833,89	<0,001	44,68	<0,001
ICC Répétition			0,00				0,40

MC : Mode de cuisson ; E : Espèces ; ddl : degré de liberté ; F : Statistique de Fischer ; Prob : Probabilité de significativité.

**Tableau 3 :** Facteurs de bioconcentration des métaux lourds dans les cultures maraîchères.

Cultures maraîchères	FBC Pb	FBC Cu	FBC Zn
<i>Vernonia amygdalina</i>	2,62	8,13	4,37
<i>Amaranthus hybridus</i>	0,03	0,30	0,28
<i>Solanum macrocarpum</i>	0,13	0,44	0,35
<i>Lactuca sativa</i>	0,02	0,37	0,22
<i>Brassica oleracea</i>	4,86	3,32	1,94

**Tableau 4 :** Comparaison des concentrations des métaux des sols aux produits maraîchers cuits.

Sols et formes des cultures maraîchères	Plomb (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Sol <i>Solanum macrocarpum</i>	0,409	0,183	2,385
<i>Solanum macrocarpum</i> frais	0,055	0,080	0,846
<i>Solanum macrocarpum</i> cuit	0,025	0,091	0,706
Sol <i>Amaranthus hybridus</i>	2,235	0,247	3,098
<i>Amaranthus hybridus</i> frais	0,077	0,073	0,872
<i>Amaranthus hybridus</i> cuit	0,049	0,069	0,996
Sol <i>Vernonia amygdalina</i>	1,576	0,264	3,234
<i>Vernonia amygdalina</i> frais	4,124	2,146	14,120

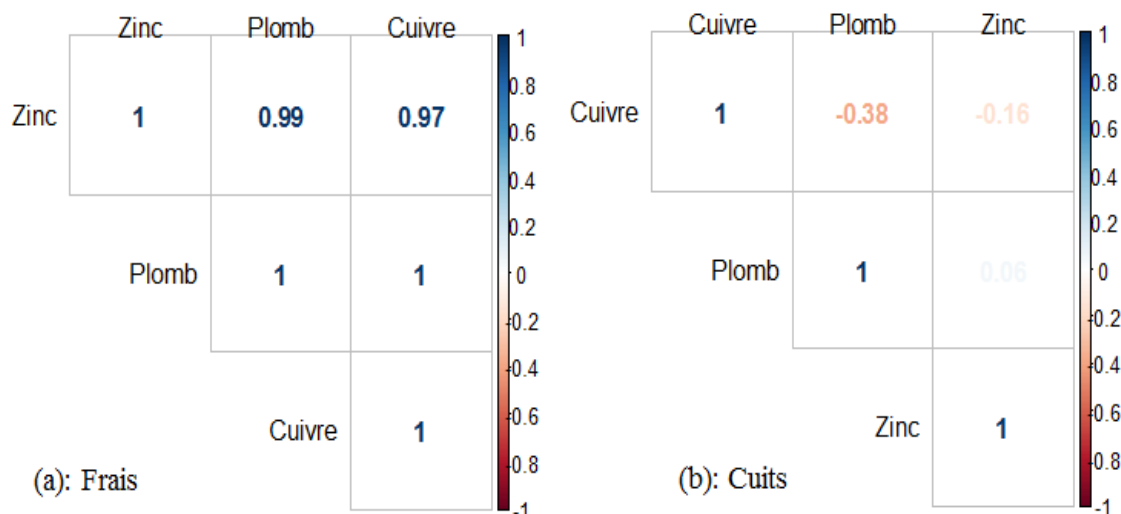


Figure 2 : Corrélation entre les métaux lourds retrouvés dans les produits maraichers.

## DISCUSSION

L'analyse des cinq espèces végétales a montré de fortes teneurs de métaux lourds comme le Plomb (Pb), le Cuivre (Cu) et le Zinc (Zn). La classification des teneurs en éléments métalliques par ordre d'importance varie avec les différentes espèces végétales. Les végétaux à croissance rapide comme les légumes sont connus pour leur aptitude à l'accumulation des métaux lourds (Harmanescu et al., 2011). Cependant, lorsque les taux d'accumulation s'élèvent, ces éléments deviennent polluants. La présente étude a montré que les produits maraichers cultivés sur le site maraîcher de Houéyiho sont contaminés par des métaux lourds. D'abord les sols sur lesquels sont plantées les différentes cultures maraîchères à l'exception du *Brassica oleracea* sont fortement contaminés par du plomb. Cette forte concentration serait due au compost utilisé sur le site car ce dernier présente aussi une concentration élevée en plomb. La forte présence du plomb dans le compost proviendrait certainement du sol sur lequel le compost a été fabriqué sur le site. En effet, les travaux de Pazou Yehouenou et al. (2010) sur le même site avait montré de fortes concentrations de métaux lourds dans le sol à cause de l'entreposage d'ordures ménagères sur le site par les maraîchers pour en extraire

des fertilisants biologiques. Il leur a été alors recommandé de fabriquer du compost à base de restes de fruits et de feuilles. Ainsi, les concentrations en plomb retrouvées dans le compost seraient dues au sol du site dans lequel la dégradation des métaux lourds autrefois apportés à travers les ordures n'a pas encore été totale. Cette élévation de la concentration de métaux lourds dans le sol est aussi enregistrée par Agueh et al. (2015) dans ses travaux sur le même site.

Cependant, le taux du transfert des métaux lourds du sol vers la plante varie en fonction des espèces et pour chaque élément-trace comme le démontre les résultats de cette étude. Dans *Vernonia amygdalina* et *Brassica oleracea* frais, les concentrations de plomb, de cuivre et de zinc augmentent considérablement du sol à la plante. Elles sont d'ailleurs les cultures maraîchères qui accumulent le plus ces métaux lourds. Par contre, dans *Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum* et *Lactuca sativa* frais les concentrations moyennes des mêmes métaux diminuent du sol à la plante. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Agueh et al. (2015) qui ont obtenu dans *Vernonia amygdalina* des concentrations moyennes de 2,4865 mg/kg pour le plomb, 11,7470 mg/kg pour le cuivre et 217 mg/kg pour le zinc. Les teneurs enregistrées dans cette étude sont aussi

nettement inférieures à celles obtenues dans *Solanum macrocarpum* cultivé le long de l'autoroute Lomé-Aného au sud du Togo dont les concentrations sont de 95 mg/kg pour le plomb et de 16 mg/kg pour le cuivre (Gnandi et al., 2013). Elles sont aussi très inférieures à celles obtenues par Agbossou et al. (2003) pour le plomb et le cuivre dans *Lactuca sativa* (Pb : 72 mg/kg, Cu : 37 mg/kg) et *Brassica oleracea* (Pb : 55 mg/kg, Cu : 19 mg/kg), et à celles obtenues par Pazou Yehouenou et al. (2010) pour le plomb, le cuivre et le zinc dans *Amaranthus hybridus* (Pb : 0,459 mg/kg, Cu : 4,75 mg/kg, Zn : 67,38 mg/kg). Par contre les résultats sont supérieurs à ceux enregistrés par Samake et al. (2011) à Bamako pour le plomb dans *Brassica oleracea* (Pb : 0,035 mg/kg).

La consommation de ces légumes ainsi contaminés pourrait constituer une menace pour la santé des consommateurs. En effet, certains des éléments métalliques comme le plomb, quand ils sont très concentrés, agissent négativement sur divers organes et peuvent causer de graves troubles psychomoteurs et affecter le système immunitaire (Legault et Paquette, 2007). C'est dans le but d'apprécier cet impact sur la santé du consommateur que l'analyse de ces légumes sous la forme la plus consommée par les populations a été faite. On en déduit globalement *Vernonia amygdalina* et *Brassica oleracea* seraient donc des espèces végétales bio-indicatrices indiquées pour contrôler la pollution au plomb, au cuivre et au zinc; que les concentrations de plomb, de cuivre et de zinc diminuent considérablement après la cuisson du *Vernonia amygdalina*, de *Amaranthus hybridus* et du *Solanum macrocarpum*. Les teneurs sont largement en deçà des normes admises. On peut donc conclure que la santé des consommateurs n'est pas exposée par la consommation de ces produits maraîchers. Il est alors conseillé à partir de cette étude de faire cuire les produits maraîchers avant leur consommation.

### Conclusion

Au total, la présente étude a permis d'évaluer la qualité des produits maraîchers consommés au Bénin. Il en ressort que les concentrations de métaux lourds dans les sols

et les cultures maraîchères sont élevées et surpassent même les normes admises par l'OMS. Le vernonia et le chou sont les plus grands bioconcentrateurs de métaux lourds. Toutefois, la cuisson a eu un grand effet positif sur la réduction des concentrations de métaux lourds dans tous ces produits maraîchers. La consommation de ces produits n'aurait donc aucun effet négatif sur la santé des populations. Toutefois la consommation fréquente de ces cultures maraîchères, en l'occurrence le vernonia et le chou, peut faire accroître la concentration des métaux lourds dans l'organisme du consommateur. Une vigilance des populations et une variation de l'alimentation sont alors importantes pour garantir une meilleure santé. Il est prévu de continuer les travaux de recherche sur d'autres spéculations maraîchères et polluants chimiques.

### CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué ensemble à la collecte des échantillons, aux analyses de laboratoire et à la rédaction du manuscrit.

### RÉFÉRENCES

- Agbossou KE, Sanny MS, Zokpodo B, Ahamide B, Guedegbe HJ. 2003. Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, **42** : 1-12. [http://www.slire.net/download/1150/article1\\_brab42\\_agbossou\\_et\\_al\\_evaluation\\_qualitative-l\\_gumes-p\\_rim\\_tre\\_mara\\_cher\\_de\\_hou\\_yiho.pdf](http://www.slire.net/download/1150/article1_brab42_agbossou_et_al_evaluation_qualitative-l_gumes-p_rim_tre_mara_cher_de_hou_yiho.pdf)
- Agueh V, Degbey CC, Sossa-Jerome C, Adomahou D, Paraiso MN, Vissoh S, Makoutode M, Fayomi B, 2015. Niveau de contamination des produits maraîchers par les substances toxiques sur le site de Houéyiho au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 542-551. DOI: 10.4314/ijbcs.v9i1.46



- Akogbeto M, Djouaka R, Noukpo H. 2005. Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, **12**(98) :400-405.
- Alhou B. 2007. Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles en Belgique, 230 p.
- Assogba B. 2008. Typologie des exploitations maraîchères au Sud-Benin. Mémoire d'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 102 p.
- Beausoleil M, Price K. 2010. *Concentrations de Plomb et de HAP Mesurées dans les Légumes de certains Jardins Communautaires de Montréal*. Direction de Santé Publique, Agence de la Santé et des Services Sociaux de Montréal : Québec, Canada.
- Gnandi K, Tozo K, Etorh AP, Abi H, Agbeko K, Amouzouvi K, Baba G, Tchangbedji G, Killi K, Bouchet P, Akpagana K. 2013. Bioaccumulation de certains éléments métalliques dans les produits maraîchers cultivés sur les sols urbains le long de l'autoroute Lomé-Aného, Sud Togo. *Acta Botanica Gallica*, **155**(3): 415-426. DOI: 10.1080/12538078.2008.10516121
- Harmanescu M, Alda LM, Bordean DM, Ioan Gogoasa L, Gergen L. 2011. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, **5**(64): 2-10. DOI: 10.1186/1752-153X-5-64
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB. 2017. MerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, **82**(13): 1-26. DOI: 10.18637/jss.v082.i13
- Legault N, Paquette R. 2007. Agriculture périurbaine : son avenir et ses pièges. Mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, 12 p.
- PAZH (Programme d'Aménagement des Zones Humides). 2000. La pollution dans les zones humides du sud-Bénin : état actuel, impacts, stratégies de suivi et de lutte. Rapport de consultation, Bénin. 57 p.
- Pazou Yehouenou EA, Soton A, Azocli A, Acakpo H, Boko M, Fourn L, Houinsa D, Keke J-C, Fayomi B. 2010. Contamination du sol, de l'eau et des produits maraîchers par des substances toxiques et des métaux lourds sur le site de Houéyihou (Cotonou) en République du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(6): 2160-2168. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i6.64951
- Russell VL. 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmmeans. *Journal of Statistical Software*, **69**(1): 1-33. DOI: 10.18637/jss.v069.i01
- Samake F, Babana AH, Yaro FK, Cissé D, Traore I, Kante F, Kone S, Diallo A, Toure H, Toure O, Sako M, Ag Iknane A. 2011. Risques sanitaires liés à la consommation des produits maraîchers cultivés dans la zone urbaine et périurbaine de Bamako. *Mali Sante Publique*, **1**(1) : 27-31.
- Taiyun W, Viliam S. 2017. R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84). <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Temple L, Moustier P. 2004 : Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cah. Agric.*, **13** : 15-27.
- Viala A, Grimaldi F. 2005. Ecotoxicologie. In *Eléments de Toxicologie* (2è Edn) Viala A, Botta A (eds). Tec & Doc Lavoisier : Paris; 245-251.
- Wickham H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag : New York; 1-253 p.