

POTENTIEL DE BIOACCUMULATION DE QUELQUES METAUX LOURDS PAR *Moringa oleifera* L., PLANTE SUR SOL DE DECHARGE DANS LA VILLE DE LOME ET SES BANLIEUES AU TOGO

G. YANDI^{1,2}, ESSOLAKINA M. BOKOBANA^{2,3*}, G. MAWUSSI², K. KOKOBA², K. SANDA²

¹Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA), BP : 1163 Lomé, Togo.

²Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, 01BP 1515, Lomé, Togo.

³Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture, Université de Kara, BP 404 Kara, Togo.

* Auteur correspondant : bokob47@yahoo.fr

RESUME

Moringa oleifera est une plante utile qui se cultive dans la plupart des pays d'Afrique sub-saharienne. Les pratiques culturales ne se conforment pas toujours aux exigences des bonnes pratiques agricoles du fait que ces plants sont exposés aux toxiques dans leur environnement. La présente étude vise à évaluer la teneur en métaux lourds dans les organes de *M. oleifera* rencontrés sur les décharges sauvages dans la ville de Lomé au Togo et ses banlieues. Ainsi, des échantillons de sols et d'organes de *M. oleifera* planté sur sol de décharge ont été collectés puis, les teneurs en métaux lourds ont été déterminées par spectroscopie d'absorption atomique. Parmi les organes de moringa, les organes aériens (feuille, tiges, écorces, gousse, graine) ont accumulé plus le cadmium que les autres organes à environ 4 à 18,6 fois la norme de l'OMS. De même que le cadmium, le plomb, le mercure, l'arsenic et le nickel ont été beaucoup plus accumulés dans les feuilles et les tiges environ 1,45 à 5,6 fois la norme de l'OMS. Au vu de ces résultats, l'usage alimentaire ou ethno médicamenteux de *Moringa oleifera* récolté sur les décharges peut être une source d'exposition des populations aux métaux lourds.

Mots clés : Environnement, Métaux lourds, *Moringa oleifera*, décharges, Togo.

Citation : YANDI G., BOKOBANA Essolakina M., MAWUSSI G., KOKOBA K., SANDA K., 2024, Potentiel de bioaccumulation de quelques métaux lourds par *moringa oleifera* l. de décharge dans la ville de lomé et ses banlieues au Togo. Agronomie Africaine 2024, 36 (1), pp 63 - 72.

ABSTRACT

BIOACCUMULATION POTENTIAL OF SOME HEAVY METALS BY MORINGA OLEIFERA L., PLANTED ON LANDFILL SOIL IN THE CITY OF LOME AND ITS SUBURBS IN TOGO

Moringa oleifera is a useful plant grown in most sub-Saharan African countries. Cultivation practices do not always comply with the requirements of good agricultural practice, as these plants are exposed to toxic substances in their environment. The present study aims to evaluate the heavy metal content in *M. oleifera* organs found on wild landfill sites in the city of Lomé in Togo and its suburbs. Soil and organ samples of *M. oleifera* planted on landfill soil were collected, and the heavy metal content was determined by atomic absorption spectroscopy. Among the moringa organs, the aerial organs (leaf, stem, bark, pod, seed) accumulated more cadmium than the other organs, at around 4 to 18.6 times the WHO standard. Also, cadmium, lead, mercury, arsenic and nickel accumulated much more in leaves and stems, at around 1.45 to 5.6 times the WHO standard. In view of these results, the nutritional or ethno-medicinal use of moringa harvested from landfill sites may be a source of exposure to heavy metals.

Keywords: Environment, heavy metals, *Moringa oleifera*, landfills, Togo

Citation: YANDI G., BOKOBANA Essolakina M., MAWUSSI G., KOKBA K., SANDA K., 2024, Bioaccumulation potential of some heavy metals by *moringa oleifera* L., planted on landfill soil in the city of lome and its suburbs in togo. *Agronomie Africaine* 2024, 36 (1), pp 63 - 72.

Soumis : 15/09/2023 | Accepté : 17/02/2024 | Online : 30/04/2024

INTRODUCTION

L'intérêt croissant pour l'utilisation de différents organes (feuille, fleur, amande, écorce de tiges, racine entière, etc.) de *Moringa oleifera* ces dernières années est une conséquence de l'accumulation des connaissances sur ses propriétés nutritionnelles (vitamines, protéines et sels minéraux) et médicinales (anti-immunosuppresseur, hypoglycémiant, anti-hypertenseur, anti-oxydant, antimicrobien, antianémique, antitoxique, etc.). (Ndong *et al.*, 2007). Ceci a rendu très populaire son utilisation comme complément alimentaire (Sauveur, 2006). Les feuilles de *M. oleifera* sont réputées riches en vitamines, protéines, minéraux et possèderaient les 10 acides aminés et les acides gras essentiels (Broin, 2005). Des études ont montré que la consommation de 100 g de feuilles fraîches de *M. oleifera* peut fournir entre 30 % et 100 % des apports journaliers recommandés en calcium ; 25 % à 80 % des apports journaliers recommandés en fer et 100 % des apports journaliers recommandés pour les vitamines A et C (Diouf, 2006). En raison de ses diverses vertus, *M. oleifera* se cultive dans la plupart des pays de l'Afrique sub-saharienne. Toutefois, les pratiques culturelles ne se conforment pas toujours aux exigences des bonnes pratiques agricoles (Mokhtaria *et al.*, 2007). Tout particulièrement, les plantes utiles cultivées ou spontanément répandues en zone urbaine ou périurbaine, telles que *M. oleifera*, sont exposées aux exsudats/lixiviatés toxiques de nombreuses décharges sauvages consécutives à l'explosion de la production de déchets dans les grandes villes africaines (Adjia *et al.*, 2010). Or il est établi que les déchets solides mis en décharge ne sont que très rarement inertes. Ainsi ces décharges publiques ont un impact négatif sur l'environnement, surtout en raison de leur charge en métaux lourds (Kouassi *et al.*, 2008).

Les pratiques très courantes de cueillette sauvage en zones urbaine/périurbaine des

organes de *M. oleifera* exposent ainsi dangereusement le consommateur aux risques de contamination par des métaux lourds tels que le plomb (Pb), le cadmium (Cd), Nickel (Ni), l'Arsenic (As) et le mercure (Hg). Ce dernier fait aujourd'hui l'objet d'une convention internationale dénommée " Convention de Minamata " qui vise à protéger la santé humaine et l'environnement des effets néfastes d'une exposition aux rejets de mercure (Pasquini et Alexander, 2004). De manière plus générale, il est établi que des produits issus de l'agriculture urbaine peuvent être à l'origine de risques d'exposition de la santé humaine, aux divers éléments traces métalliques (Moustier *et al.*, 2000 ; Verloo, 2003 ; Tozo *et al.*, 1999). La pollution des plantes cultivées par les métaux lourds est déjà bien documentée et constitue un problème majeur en écotoxicologie. Au Togo, les travaux de Tozo *et al.* (1999) ont permis de mesurer une importante contamination par le plomb et le cadmium de certaines espèces végétales poussant sur les berges de la lagune de Lomé. D'autres travaux plus récents effectués sur le littoral de la banlieue de Lomé ont établi que des éléments métalliques s'accumulent dans les produits halieutiques (Gnandi *et al.*, 2006). A ce jour il n'existe aucune étude, du moins à notre connaissance, sur les données de contamination de *M. oleifera* par des métaux lourds au Togo. Il est en effet intéressant de savoir si des plants de *M. oleifera* poussant sur des décharges ou à proximité de celles-ci n'accumulent pas des teneurs élevées en éléments traces métalliques (ETM). Ceci a motivé l'idée d'évaluer le potentiel de bioaccumulation de métaux lourds par *M. oleifera*.

Cette étude vise d'une manière générale à promouvoir une production sécurisée de *M. oleifera* pour ses diverses applications notamment en alimentation humaine, animale et en ethnomédecine. Il s'agit spécifiquement de déterminer les teneurs en métaux lourds dans les différents organes de *M. oleifera*.

MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE

L'étude a été réalisée en pleine ville de Lomé dans les quartiers d'Agoé Nyivé, d'Agbalépédo, de Kégué et la Station d'Expérimentation Agronomique de l'Université de Lomé. Le choix des décharges dans ces quartiers a été basé sur la présence des plants de *Moringa oleifera* de même peuplement sur la décharge ou à proximité au plus 30 mètres par rapport à la décharge, distance au-delà de laquelle la pollution venant des décharges est négligeable

(Mawussi *et al.*, 2021). La station d'expérimentation de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Lomé a été choisie comme site de références. La position géographique des sites des décharges a été déterminée à l'aide d'un système de positionnement géographique : Décharge d'Agbalépédo (N60 11,621' ; E10 12,355'), décharge de Kégué (N60 12,019' ; E10 14,184'), décharge d'Agoé Nyiévé (N 60 14,427' ; E10 12,867') et la station de l'ESA/UL (N60 10,321', E10 10,982').

Les coordonnées géographiques géoréférencées ont permis d'établir la carte de la zone d'étude (figure 1).

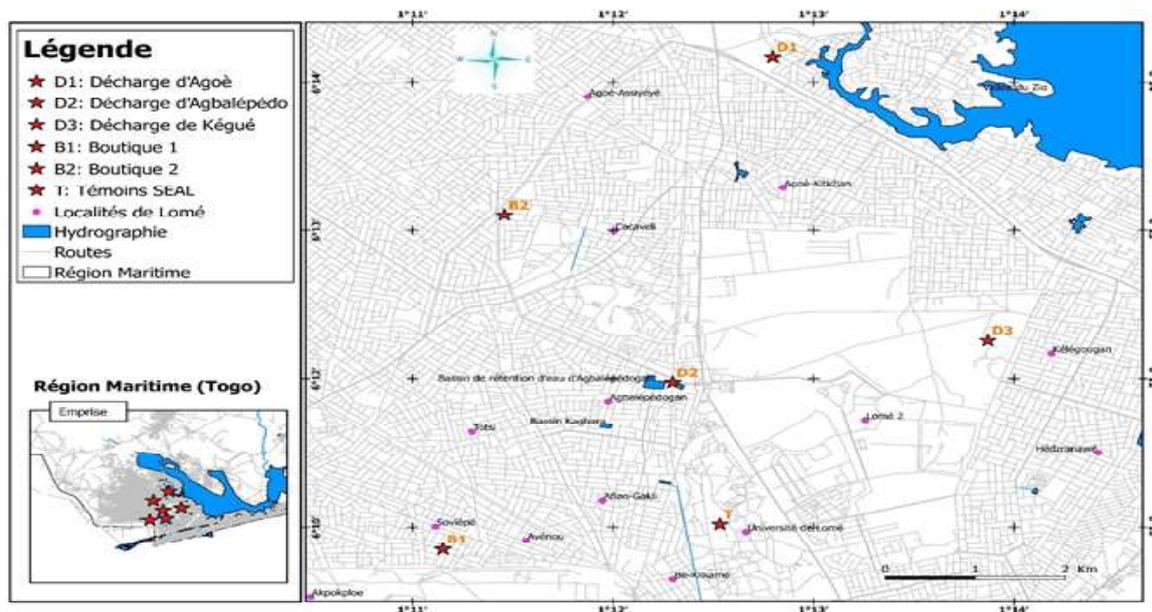


Figure 1 : carte représentant les points de prélèvements dans la zone d'étude.

Map showing sampling points in the study area.

MATERIEL VEGETAL

Pour cette étude, le choix est porté sur l'espèce *M. oleifera*. Ce choix se justifie par le fait que *M. oleifera* est connue et utilisée par les populations pour diverses applications en alimentation et en ethnomédecine (Quashie *et al.* 2012) L'espèce *M. oleifera* se reproduit facilement surtout sur les sols meubles et riches en matière organique tel que les décharges et les zones des décombres, à côté des habitats, au bord des routes (Atakpama *et al.*, 2014).

L'espèce *M. oleifera* a été identifiée par l'unité botanique de l'Université de Lomé et conservée

à l'herbarium. Les organes de *M. oleifera* dont les feuilles fraîches, des tiges, des racines, des gousses et des graines ont été collectés sur les décharges en février, période à laquelle cette plante porte tous les organes ciblés pour l'étude.

ECHANTILLONNAGE

La première étape de ce travail a consisté à faire une prospection et identifier les décharges où *M. oleifera* est cultivé ou répandu naturellement ainsi que les champs de *M. oleifera* sans décharges. Cette prospection a permis d'identifier par quartier une décharge avec au moins cinq pieds de *M. oleifera* et une plantation de *M.*

oleifera sans décharges servant de témoin (Station d'Expérimentation Agronomique de l'Université de Lomé).

PRELEVEMENTS ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les organes de *M. oleifera* sont prélevés sur quatre pieds choisis au hasard par site. Six organes (feuilles, tiges, gousses, graines, racines et écorces) sont prélevés par pied. Un total de 24 échantillons d'organe de moringa sont prélevés par site soit 96 échantillons pour les quatre sites d'étude. Les échantillons sont prélevés dans l'environnement immédiat sur les décharges suivant un dispositif en blocs simples dont chaque site représente un bloc.

PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR L'ANALYSE

La préparation des échantillons et leurs analyses ont été réalisées au laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (G.T.V.D.) de l'Université de Lomé. Les échantillons des organes de moringa destinés pour le dosage du plomb, de l'arsenic, du nickel et du cadmium ont été étalés sur un papier propre et placés ensuite au four à la température de 80 °C pendant 5 jours (Aduayi-Akue et Gnandi, 2014) pour permettre une déshydratation totale des échantillons selon la norme NF ISO 11464. Après la dessiccation, les échantillons ont été broyés puis réduits en poudre dans un mortier et tamisés afin de recueillir la fraction de diamètre inférieure à 63 µm. Cette fraction a été retenue pour l'étude à cause de son affinité pour les métaux lourds. Les échantillons réduits en poudre pour une bonne minéralisation ont été conservés dans des sachets plastiques propres et étiquetés. Les échantillons pour le dosage du mercure ont été traités de la même manière sauf que ces derniers ne sont pas mis à l'étuve à cause de ses propriétés volatiles à des températures élevées (Ouro-sama, 2014).

ANALYSES CHIMIQUES.

L'étude de l'accumulation a été réalisée par dosage des éléments métalliques toxiques. Ce dosage a été effectué dans des solutions

minérales obtenues après minéralisation des échantillons.

MINERALISATION ET SOLUBILISATION DES ECHANTILLONS

Deux grammes (2g) de poudre d'échantillons d'organes de *M. oleifera* ont été introduits dans des béchers en téflon, minéralisés avec l'eau oxygénée 10 % (H₂O₂ 10 %) et l'acide nitrique 67,58 % à un volume de 8 ml chacun. Le bécher contenant l'échantillon solubilisé a été fermé à l'aide d'un verre de montre et porté sur le bain de sable pendant 2 heures à une température d'environ 150 °C (les échantillons de mercure ne sont pas concernés car le mercure est volatile à des températures élevées), puis refroidit pendant dix minutes. La solution obtenue à l'issue de l'attaque acide a été transvasée dans une fiole jaugée de 50 ml, complétée avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge. Après homogénéisation, la solution est filtrée sur du papier filtre dans un flacon propre étiqueté (Aduayi-Akué et Gnandi, 2014). Le dosage des éléments métalliques est réalisé à partir du filtrat (20ml) obtenu par le Spectrophotomètre d'Absorption Atomique de type Thermo Orion Solaar S2. Le dosage du mercure a été fait par spectrométrie à absorption atomique de type Thermo Orion Solaar S2 couplé au générateur de vapeur froide de marque (VP100).

FACTEUR DE BIOACCUMULATION

Le Facteur de Bioaccumulation (FBA) dans les organes de moringa a été calculé et défini comme le rapport de la concentration des métaux dans les organes par rapport à la concentration dans le sol ($FBA = C_{\text{plant}} / C_{\text{sol}}$). Le FBA permet d'estimer la capacité des organes à extraire les métaux lourds (Ouro-Sama, 2014).

TRAITEMENT DES DONNEES ET ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été saisies dans le tableur Excel et soumises aux analyses de la variance (ANOVA) par le logiciel GenStat 12^{ème} édition. La discrimination des moyennes a été effectuée par le test de Duncan au seuil de 5 %.

RESULTATS

CONCENTRATION DES METAUX LOURDS DANS LES ORGANES DE *M. OLEIFERA*

Les concentrations des métaux lourds dans les organes de *M. oleifera* sont présentées dans le tableau 1. La moyenne des concentrations du Cd, du Pb, du Hg, de l'As et du Ni varie respectivement entre 0,04 - 0,18 µg.g⁻¹ ; 0,04

- 0,28 µg.g⁻¹ ; 0,001 - 0,013 µg.g⁻¹ ; 0,003 - 0,024 µg.g⁻¹ ; 0,03 - 0,07 µg.g⁻¹. Les plus faibles concentrations en Cd, Pb, Hg, As et Ni ont été observées dans les feuilles, gousses et graines tandis que les concentrations plus élevées sont observées dans les racines, tiges et écorces. Les analyses statistiques montrent qu'il existe des différences significatives de bioaccumulation des métaux lourds entre les organes ($p \leq 5\%$).

Tableau 1 : Teneur comparée en éléments traces métalliques (Hg, Cd, Pb, As et Ni) dans les organes de moringa au test de Duncan ($p \leq 5\%$).

* : Significatif ; PPDS : Plus Petite Différence Significative

Comparative concentration of metallic trace elements (Hg, Cd, Pb, As and Ni) in moringa organs by Duncan test ($p \leq 5\%$).

*: Significant; LSD: Low Significant Difference

Organes de <i>M. Oleifera</i>	Moyenne des concentrations en métaux lourds en µg. g ⁻¹				
	Cd (µg.g ⁻¹)	Pb (µg.g ⁻¹)	Hg (µg.g ⁻¹)	As (µg.g ⁻¹)	Ni (µg.g ⁻¹)
Racines	0,18 ± 0,05 c	0,28 ± 0,09 a	0,013 ± 0,003 a	0,024 ± 0,005 a	0,07 ± 0,02 ab
Tiges	0,15 ± 0,03 bc	0,20 ± 0,07 ab	0,008 ± 0,002 ab	0,016 ± 0,003 b	0,07 ± 0,02 a
Ecorces	0,10 ± 0,02 ab	0,16 ± 0,06 bc	0,006 ± 0,001 b	0,009 ± 0,002 bc	0,04 ± 0,01 ab
Feuilles	0,06 ± 0,01 a	0,09 ± 0,03 cd	0,001 ± 0,0002 c	0,008 ± 0,002 c	0,04 ± 0,01 b
Gousses	0,06 ± 0,01 a	0,06 ± 0,02 d	0,001 ± 0,0002 c	0,008 ± 0,002 c	0,03 ± 0,008 c
Graines	0,04 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 d	0,001 ± 0,0002c	0,003 ± 0,0005 c	0,03 ± 0,008 c
PPDS	0,0444	0,0647	0,0039	0,0061	0,0010
P value	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
Seuil de l'OMS	0,1	0,2	0,03	0,1	0,2

FACTEURS DE BIOACCUMULATION DES METAUX LOURDS DANS LES ORGANES DE *MORINGA OLEIFERA*

Des différences significatives ont été obtenues entre les facteurs de bioaccumulation des métaux lourds dans les organes. Parmi les métaux lourds qui ont été recherchés, le mercure a été le moins accumulé dans les organes. Le plomb a été le plus accumulé dans tous les organes (Figure 2).

La gousse a une faible accumulation pour tous les métaux, sauf pour l'As (arsenic), qui est modérément élevé.

Ces résultats indiquent également que les éléments Pb et Ni ont présenté une capacité d'accumulation plus élevée dans tous les organes. La plus faible capacité d'accumulation a été observée avec le mercure. Elle a été nulle au niveau des racines et écorces.

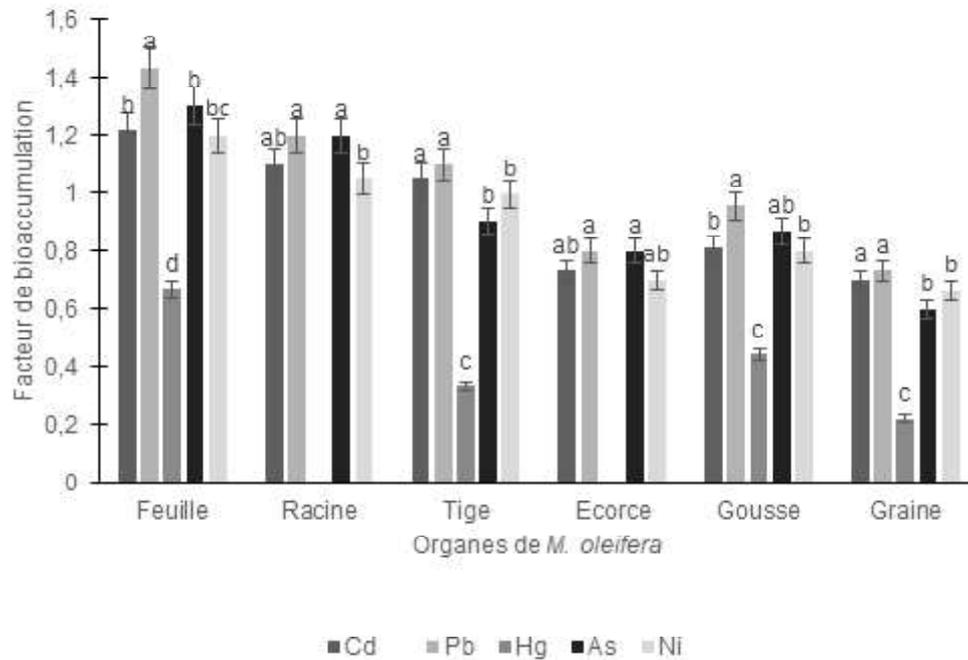


Figure 2 : Facteur de bioaccumulation des métaux lourds dans les différents organes.

Les valeurs accompagnées d'une même lettre au niveau d'un organe sont statistiquement identiques.

Bioaccumulation factor of heavy metals in different organs.

Values with the same letter for an organ are statistically identical.

COMPARAISON DES TENEURS EN METAUX LOURDS EN FONCTION DU TYPE D'ORGANES

Les éléments métalliques sont davantage accumulés dans les organes aériens (dont les concentrations sont comprises entre 0,04 μg -

1 et 0,117 μg -1) que dans l'organe souterrain (concentrations sont comprises entre 0,01 μg -1 et 0,1 μg -1). Seul l'Hg est de façon significative plus concentré dans l'organe souterrain (0,006 μg -1) que dans les organes aériens (0,002 μg -1).

Tableau 2 : Teneur en éléments métalliques des organes aériens comparée à celle de l'organe souterrain en μg . g-1 au test de Duncan ($p \leq 5\%$).

Les valeurs accompagnées d'une même lettre sont statistiquement identiques.

Metallic element concentration in aerial organs compared to that of the underground organ in μg . g-1 by Duncan's test ($p \leq 5\%$).

Values with the same letter are statistically identical

Traitements	Cadmium (Cd)	Plomb (Pb)	Mercure (Hg)	Arsenic (As)	Nickel (Ni)
Organe souterrain	0,067 a	0,10 a	0,006 a	0,01 a	0,098 a
Organe aérien	0,117 b	0,151 b	0,002 b	0,040 b	0,1812 b

Les valeurs accompagnées d'une même lettre sont statistiquement identiques. Values with the same letter are statistically identical.

BIOACCUMULATION DES METAUX LOURDS DANS *M. OLEIFERA* SELON LES ZONES DE PRELEVEMENTS

Selon les zones de prélèvements, la décharge d'Agoè-Nivé paraît plus polluée en métaux lourds.

Les concentrations en métaux lourds sont comprises entre 0,03 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et 0,24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Les autres décharges ont présenté des concentrations comprises entre 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et 0,21 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (figure 3).

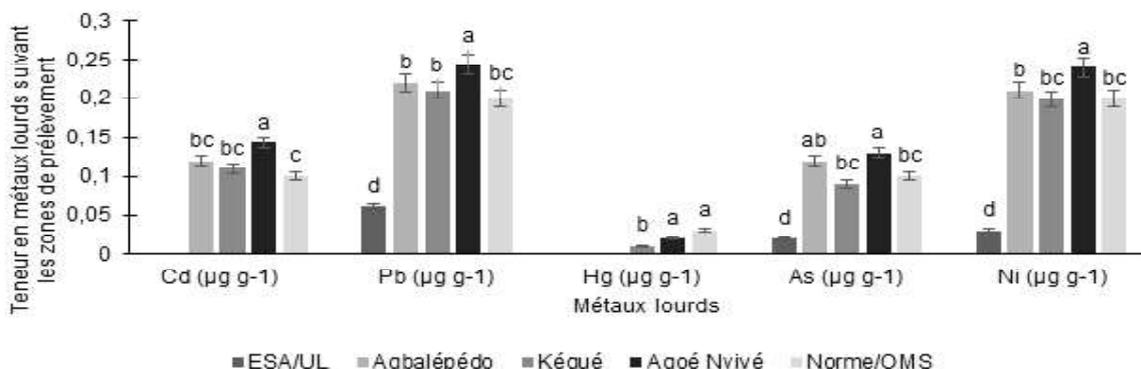


Figure 3 : Teneurs en métaux lourds dans *Moringa oleifera* selon les sites.

Les valeurs accompagnées d'une même lettre pour un métal lourd sont statistiquement identiques.

Heavy metal concentrations in Moringa oleifera by site.

Values with the same letter for one heavy metal are statistically identical.

DISCUSSION

TENEUR DES ORGANES EN ELEMENTS TRACES METALLIQUES

L'analyse minérale des organes de *M. oleifera* montre la présence du Cd, du Pb, du Hg, t de l'As et du Ni. Comparativement aux seuils recommandés par les normes de l'OMS pour les produits alimentaires (OMS, 2004), les teneurs en Hg, As et Ni dans tous les organes sont inférieures aux valeurs de référence qui sont respectivement de 0,03 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Par contre, les teneurs en Cd dans les racines et tiges ainsi que la teneur en Pb dans les racines sont supérieures aux valeurs seuils recommandés (0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pour le Cd et 0,2 pour le Pb) par la FAO.

Les fortes teneurs des métaux lourds dans les organes aériens pourraient s'expliquer par des activités anthropiques sur les décharges, déversement des déchets par les véhicules de la voirie. L'aménagement des sites des décharges par les bulldozers émet des gaz d'échappement et des poussières qui se déposent sur les organes aériens mais, le

rinçage des échantillons avec l'eau distillée annule cette hypothèse. Il s'agirait donc d'une réelle accumulation des éléments métalliques à l'intérieur des tissus. La consommation des organes de *moringa* pourrait constituer une menace pour la santé des consommateurs. En effet, certains de ces éléments comme le plomb, quand ils sont très concentrés dans l'organisme agissent négativement sur divers organes et peuvent causer de graves troubles psychomoteurs et affecter le système immunitaire (Legault et Paquette, 2007).

COMPARAISON DES TENEURS EN ELEMENTS METALLIQUES DANS LES ORGANES SOUTERRAINS ET AERIENS

Les teneurs en éléments métalliques varient en fonction des différents organes de *M. oleifera*. Les organes aériens ont connu de forte accumulation de métaux lourds. En effet, les teneurs en ETM, sont plus élevées dans les organes aériens que souterrains et sont supérieures à la valeur normative que préconise l'OMS (2004). Les plants de *M. oleifera* étant une légume feuille nous constatons que nos résultats collaborent ceux de Gnandi *et al.* (2008) lors de leurs travaux d'analyse des métaux

lourds dans les légumes feuilles dans la zone industrielle au Togo. En effet, ces résultats nécessitent une étude approfondie pour comprendre les mécanismes d'absorption des métaux lourds par les ces feuilles très consommées par la population.

Le fait que les organes aériens concentrent plus d'éléments métalliques que les organes souterrains pourraient être une indication de leur absorption des particules métalliques dans l'air associée à ce que les racines absorbent dans le sol. A l'exception du Hg les éléments métalliques sont davantage accumulés dans les organes aériens que dans l'organe souterrain. Il est démontré que chez les végétaux, le Cd absorbé à partir du sol s'accumule de préférence dans les feuilles (Brooks, 1998). Cependant, tous les éléments accumulés dans les feuilles ne proviennent pas nécessairement du sol, ils peuvent pénétrer directement dans les feuilles à partir de l'atmosphère (Bonnard, 2005). Dans cette étude, le fait que la majorité des éléments métalliques analysés se retrouvent plus concentrés dans les parties aériennes que souterraines pourrait indiquer une absorption des éléments essentiellement par voie foliaire à partir de l'atmosphère. Il a été démontré par Moulton *et al.* (2000) que les légumes feuilles absorbent les éléments métalliques par voie aérienne lors des pulvérisations des pesticides. Dans cette étude, l'absorption aérienne serait liée à la poussière et aux fumées des brûlages sur les décharges.

CONCENTRATION EN ELEMENT TRACE METALLIQUE DANS LES ORGANES DE MORINGA OLEIFERA SELON LES SITES DE PRELEVEMENTS

Suivant les sites de prélèvements, la teneur en chaque métal lourd a varié, ceci pourrait être dû au niveau de concentration dans le sol de chaque site. Les échantillons prélevés sur les sites présentant plus de décombres et de déchets ont montré de forte teneur en élément trace métallique. Les teneurs en métaux lourds (Cd, Pb, As, Ni) dans les plants de Moringa sur les trois décharges excèdent les limites fixées par l'OMS. En ce qui concerne le mercure (Hg), Il a été retrouvé uniquement sur les décharges d'Agoè-Nyvé et de Kégué en quantité faible en dessous de la norme fixée par l'OMS (2004). Ces résultats corroborent ceux obtenus par Mawussi *et al.* (2021) lors de ses travaux de recherches sur les teneurs en éléments traces métalliques dans les organes de Cleome

gynandra sur sol des décharges dont les fortes teneurs en métaux lourds ont été observés dans les échantillons prélevés sur les décharges où sont déversés plus de déchets toxiques.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude établit clairement la pollution des organes des plants de *M. oleifera* poussés sur les décharges de Lomé et de ses banlieues par les métaux lourds Cd, Pb, As, Ni et Hg. Les organes aériens concentrent davantage les éléments métalliques Cd, Pb, As et Ni que les organes souterrains. Les risques liés à la consommation de moringa hyper accumulateurs des éléments métalliques n'ont pas été étudiés dans ce travail et méritent d'être abordés par les agents de la santé. Toutefois sur la base de ces résultats obtenus par cette étude, nous recommandons aux autorités compétentes de prendre des mesures qui interdisent la pratique de cultures des plantes consommables à proximité ou sur les décharges urbaines et périurbaines. Les producteurs doivent alors cultiver moringa sur les sols loin des décharges ou des sols pollués pour le bien-être des populations.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les Laboratoires LARASE (Laboratoire de Recherche sur les Agro ressources et la Santé Environnementale) et GTVD (Gestion Traitement et Valorisation de Déchets) de l'Université de Lomé pour leurs appuis techniques et matériels dans la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- Adjia R., Fezeu W. M. L., Tchatchueng J. B., Sorho S. and Ngassoum M. B., 2010. Heavy Metals in five leafy vegetables from urban and periurban sites in Ngaoundéré, Cameroon. *Iranica Journal of Energy & Environment* 1 (2), 124-131.
- Aduayi-akue A. A. et Gnandi K., 2014. Evaluation de la pollution par les métaux lourds des sols et de la variété locale du maïs *Zea mays* dans la zone de traitement des phosphates de Kpémé (Sud du Togo) *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8 (5): 232355.

- Atakpama W., Goussivi E., Kponor E., Kanda K., Akpagana K., 2014. *Moringa oleifera* Lamarck (Moringaceae) : une ressource phylogénétique à usage multiple. *Revue cames*, 2 (1) : 6-14.
- Bonnard R., 2005. Impact des incertitudes liées aux coefficients de transfert dans les évaluations de risque sanitaire. Rapport d'étude n° 67645/204, INERIS (ministère français de l'Environnement).
- Broin M., 2005. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*, CTA, <http://www.moringanews.org>.
- Brooks R. R., 1998. Plants that hyperaccumulate heavy metal, their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining. Wallingford (Royaume Uni), CAB international.
- Diouf B., 2006. Le marché des compléments alimentaires à Dakar, *Moringa news*, <http://www.moringanews.org/documents/marchedakar.do>
- Gnandi K., Tozo K., Edoh A. P., Abi H., Agbeko K., Amouzouvi K., Baba G., Tchangbedji G., Killi K., Bouchet P. & Akpagana K., 2008. 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.
- Gnandi K., Tchangbedji G., Baba G., et Killi K., 2006. The impact of phosphate mine tailings on the bioaccumulation of heavy metals in marine fishes and crustaceans from the coastal zone of Togo. *Intern. J. Mine Water and Environment*, 25, 1, 56-62.
- Kouassi K. J., Yves-Alain B., Ahoua E. S., Baize D., Denezon O. D., Moussa B., Fatiha Z. et Peggy M., 2008. Diagnostic d'une contamination par les éléments traces métalliques de l'épinard (*Spinacia oleracea*) cultivé sur des sols maraîchers de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) amendés avec de la fiente de volaille. *European Journal of Scientific Research*. 21, 3, 471-487.
- Legault N. et 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.
- Mawussi G., Yandi G., Tchaniley L., SANDA K., 2021. Monitoring of Heavy Metals in Leaves and Stalks of *Cleome gynandra* L. Grown around Landfills in Three Districts in Lomé City and Health Risk Implication. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 15, 11, 09-13.
- Mokhtaria M., Eddine B. B., Larbi D., Azzedine H., et Rabah L., 2007. Caractérisation de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines. *Courrier du Savoir*, 08, 93-99.
- Moulton K. L., West J. & Berner R. A., 2000. Solute flux and mineral mass balance approaches to the quantification of plant effect on silicate weathering. *Amer. J. Sci.*, 300, 539-570.
- Moustier P., Bridier E., et Loc N. T. T., 2000. La qualité sanitaire des produits maraîchers à Hanoi : les apports d'une enquête auprès des consommateurs. In E. Hanak, E. Boutrif, P. Fabre & M. Pineiro, *Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement*, actes de l'atelier international, CIRAD-FAO, 11 -1 3 décembre, Montpellier, France, 3 p.
- Ndong M., Wade S., Dossou N., Amadou T. G., Rokhaya D. G., 2007. Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *AFJAND*, 7 (3), 1-17.
- OMS, 2004. Villages-santé? : guide a? l'intention des communautés et des agents de santé? communautaires. Genève, Organisation Mondiale de la Santé.
- Ouro-Sama K., Solitoke H. D., Gnandi K., Afiademanyo K. M. et Bowessidjaou E. J., 2014. Évaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire togolais. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 14 (2), 1-20.
- Pasquini M. and Alexander M. J., 2004. Chemical properties of urban waste ash produced by open burning on the Jos Plateau: implications for agriculture. *The Science of the Total Environment*, 319 : 225-240.
- Quashie M.-L. A., Tété Bénissan A. et Tchezoum Y. A., 2012. Micropropagation d'une plante d'intérêt nutritionnel et pharmacologique : *Moringa oleifera* Lam. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 14 (2) : 7-17.
- Sauveur A. S., 2006. L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. contre les carences

- alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel. Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique, 16-18 novembre, Accra.
- Tozo K., Odah K. et Aidam A., 1999. Analyse minérale de certaines espèces végétales du lac de Lomé, J. Rech. Sci. Univ. Lomé, 3, 25-27.
- Verloo M., 2003. Métaux lourds dans les denrées alimentaires : origine et évolution des teneurs, symposium. In : Les oligo-éléments dans l'alimentation en Belgique, 3p.