

## Niveau de contamination des produits maraîchers par les métaux lourds issus des décharges sauvages dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

*Harding Charlemagne Assy*

*Désiré Yapi Assoi Yapi*

Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés (LBB)  
Université Nangui Abrogoua (UNA), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n24p225](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n24p225)

Submitted: 11 July 2025  
Accepted: 19 August 2025  
Published: 31 August 2025

Copyright 2025 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

*Cite As:*

Assy, H.C. & Yapi, D.Y.A. (2025). *Niveau de contamination des produits maraîchers par les métaux lourds issus des décharges sauvages dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (24), 225.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n24p225>

### Résumé

L'intoxication alimentaire, qui peut affecter l'activité des reins et le système endocrinien chez l'homme, est causée par la contamination des aliments par les métaux lourds. Cette étude a été réalisée pour améliorer la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. Elle a permis de montrer les risques encourus par les consommateurs des cultures maraîchères pratiquées près des décharges sauvages. Des échantillons de sols (sols des décharges sauvages et sols des parcelles de cultures maraîchères) et de produits maraîchers (feuilles de basilic, d'oignon, de laitue et tubercules de manioc) prélevés dans le district d'Abidjan (Abobo Akeikoi village, Bingerville Bingerack city, Cocody M'Pouto village et Port-Bouët 43ème Bima) ont été analysés par la méthode de dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les analyses ont montré que les sols des décharges sauvages des sites étudiés ont été pollués par plusieurs métaux (fer, cuivre, zinc, manganèse, sélénium, arsenic, plomb, cadmium, chrome, nickel et cobalt). Les feuilles de basilic, les feuilles de laitue et les tubercules de manioc ont quant à eux été contaminés par le plomb, le cadmium et le nickel. Seules les feuilles d'oignon ont été contaminées par le plomb. Ainsi, la consommation de produits maraîchers issus de sites non

contaminés serait une solution pour réduire les risques d'intoxication et de maladies.

---

**Mots-clés:** Sécurité alimentaire, métaux lourds, produits maraîchers, éléments traces métalliques, décharges sauvages

---

## **Level of contamination of market garden produce by heavy metals from uncontrolled dumps in the Abidjan district (Ivory Coast)**

*Harding Charlemagne Assy  
Désiré Yapi Assoi Yapi*

Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés (LBB)  
Université Nangui Abrogoua (UNA), Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Food poisoning, which can affect kidney activity and the endocrine system in humans, is caused by the contamination of food by heavy metals. This study was carried out to improve food safety in Côte d'Ivoire. It demonstrated the risks to consumers of market garden crops grown near unauthorised landfill sites. Samples of soil (soil from uncontrolled dumps and soil from market garden produce plots) and market garden produce (basil leaves, onions, lettuce and cassava tubers) taken in the Abidjan district (Abobo Akeikoi village, Bingerville Bingerack city, Cocody M'Pouto village and Port-Bouët 43rd Bima) were analysed using the atomic absorption spectrophotometry assay method. The analyses showed that the soil from the uncontrolled dumps at the sites studied was polluted by several metals (iron, copper, zinc, manganese, selenium, arsenic, lead, cadmium, chromium, nickel and cobalt). Basil leaves, lettuce leaves and manioc tubers were contaminated with lead, cadmium and nickel. Only onion leaves were contaminated with lead. Consumption of market garden produce from uncontaminated sites would therefore be a solution to reducing the risks of poisoning and illness.

---

**Keywords:** Food safety, heavy metals, market garden produce, trace metals, uncontrolled dumps

### **Introduction**

En Côte d'Ivoire, la taille de la population ivoirienne a considérablement augmenté, passant de 6,7 millions d'habitants en 1975, à plus de 29 millions d'habitants en 2021 (Rgph, 2021). Dans le district

autonome d'Abidjan, la population s'est énormément accrue et compte plus de six millions d'habitants à ce jour (Rgph, 2021 ; Celine *et al.*, 2014). L'engorgement de la ville d'Abidjan mène à plusieurs conséquences économiques, culturelles, environnementales et alimentaires (Tapsoba, 2020). Une des manifestations les plus visibles de la crise urbaine à Abidjan est la dégradation continue de l'environnement par des ordures non collectées qui forment des décharges polluantes ainsi le cadre de vie des riverains (Baudelaire, 2020) à savoir : la pollution des sols, de l'eau et de l'air. Cette dégradation de l'environnement influe ainsi sur la santé et les activités de la population (Kagadju *et al.*, 2023). Certaines de ces activités impactées sont pratiquées sur des sols pollués par ces décharges et parmi elles on distingue la culture maraîchère. La culture maraîchère domine l'agriculture en milieu urbain en raison de sa contribution à l'amélioration des conditions de vie des populations. Plusieurs plantes, fruits, légumes et tubercules y sont cultivés sur des sols pollués, mais la plupart sont les légumes feuilles occupant plus de 2/3 de la production urbaine. L'espèce de légume feuille la plus cultivée est la laitue qui occupe plus de 60 % de la production de légumes feuilles dans le district d'Abidjan suivie du basilic, de la feuille d'oignon, du persil, de l'épinard, de la corète potagère et du chou (Assy *et al.*, 2024). Cependant, le basilic, la feuille d'oignon, la laitue et le manioc ont été les aliments utilisés pour effectuer cette étude étant donné leur abondance, leur grande rentabilité et leur importante place dans les systèmes de productions maraîchères.

Cependant, la présence des décharges sauvages proches des cultures maraîchères constitue l'une des contraintes les plus importantes en agriculture périurbaine. Les polluants chimiques et les métaux lourds issus des déchets ménagers urbains peuvent contaminer localement les sources d'eaux, les sols et affecter directement les cultures, les animaux et les hommes étant donné que les produits maraîchers sont cultivés à proximité des décharges sauvages (Akpo *et al.*, 2016). Ainsi l'objectif général assigné à ce travail est de contribuer à la sécurité alimentaire de la population ivoirienne à travers l'étude de l'impact des décharges sauvages sur la qualité des cultures maraîchères dans le district d'Abidjan. Les objectifs spécifiques assignés à ce travail sont de déterminer le niveau de pollution des sols au niveau des décharges sauvages et des parcelles de cultures maraîchères ; de déterminer le niveau de contamination des produits maraîchers issus des différentes parcelles de cultures maraîchères et d'établir une relation entre la pollution des sols et la contamination des produits maraîchers.

## **Matériels et méthodes**

### ***Présentation de la zone d'étude***

La ville d'Abidjan composée de dix communes et trois sous-préfectures est la capitale économique de la Côte d'Ivoire. Elle est située sur

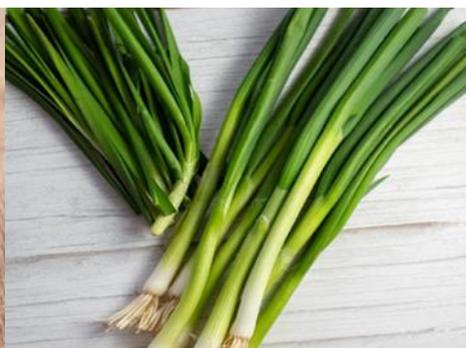
la façade maritime en bordure de la lagune Ebrié. Elle s'étend sur une superficie de 58 000 ha, dont 9 000 ha de lagunes (soit 16 %) et 49 000 ha de terre ferme (soit 84 %). Le relief de la ville est composé de plaines et de plateaux, le sol est hydromorphe et contient beaucoup d'eau (Silue *et al.*, 2021). Cette variation saisonnière climatique influence fortement la décomposition des ordures et intervient dans le processus de fermentation des déchets. Les eaux de pluie imbibent les déchets, composés à 50,6 % de matières organiques et les rendent plus lourds (Coulibaly *et al.*, 2021). Le lixiviat est ainsi entraîné en profondeur par les eaux d'infiltration (Bosso *et al.*, 2020).

### **Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé dans cette étude a été constitué de 3 produits maraîchers et d'un produit vivrier à titre de comparaison. La feuille de basilic (Figure 1), la feuille d'oignon (Figure 2), la feuille de laitue (Figure 3) et le tubercule de manioc (Figure 4).



**Figure 1.** Feuilles de basilic



**Figure 2.** Feuilles d'oignon



**Figure 3.** Feuilles de laitue



**Figure 4.** Tubercules de manioc

### **Méthodes**

#### ***Echantillonnage de sols et de produits maraîchers***

La première étape de ce travail a consisté à effectuer des prélèvements de produits maraîchers et de sols sur nos différents sites identifiés dans le

district d'Abidjan. Pour chaque sol, plusieurs échantillons de 500 g composés de 15 sous-échantillons, mélangés ensemble, ont été prélevés. Les sous-échantillons ont été recueilli à différents endroits dans le sol à prélever en se déplaçant en zigzag. Les prélèvements ont été effectués à la même période afin de pouvoir comparer les résultats entre eux. 108 échantillons de sols (soit 27 par site) ont été prélevés dans les sols des décharges sauvages et dans les sols des parcelles de cultures des différents sites.

Concernant les produits maraîchers, le choix a porté sur la feuille de basilic, la feuille d'oignon, la feuille de laitue et un produit vivrier, à savoir le tubercule de manioc. Ces aliments sont les plus cultivés et les plus consommés de la zone d'étude. Les prélèvements ont été réalisés de novembre 2024 à juillet 2025. Les échantillons d'aliments (parties comestibles) ont été prélevés directement sur les parcelles de cultures prêtes pour la récolte. Les sections où il y avait des dégâts sévères, des maladies ou des insectes ont été évitées. Pour le prélèvement de l'échantillon, il a fallu également marcher en zigzag dans les parcelles de cultures pour couper à différents endroits. 96 échantillons (soit 24 par site) de produits maraîchers ont été prélevés dans les sols des parcelles de cultures des différents sites.

### ***Préparation des échantillons pour les analyses***

#### ***Production des poudres de produits maraîchers***

Au laboratoire de biocatalyse et des bioprocédés, les différents échantillons ont été étalés, débarrassés des matières étrangères et triés en fonction des zones à analyser, ensuite lavés proprement avec de l'eau distillée. Une quantité de 500 g de chaque échantillon est séchée à l'étuve (MEMMERT) pendant 72 heures à 45 °C jusqu'à la dessiccation complète, broyée puis réduite en poudre dans un mortier. Les différents broyats ont ensuite été tamisés sur un tamis de diamètre de maille inférieure à 63 µm. Une fraction de 62,5 µm a été retenue pour l'étude en raison de son affinité avec les métaux lourds.

#### ***Minéralisation et solubilisation des échantillons de produits maraîchers***

La méthode (AOAC, 1990) a été utilisée pour la minéralisation et la solubilisation des échantillons prélevés. La minéralisation et la solubilisation ont été effectuées par voie humide. Cette technique qui permet une meilleure extraction des éléments minéraux a consisté à faire réagir 0,5 g de matière végétale sèche (MVS) avec 6 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) concentré dans un matras pendant 12 heures de temps, puis le mélange a été chauffé à une température de 150 °C durant 60 minutes. À ce mélange, 2 ml d'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub>) à 70 % ont été ajoutés puis l'attaque s'est poursuivie à une température de 250 °C jusqu'à l'évaporation complète de l'acide. Il a été rincé avec 10 ml d'eau distillée qui ont ensuite été filtrés pour éliminer les

particules en suspension. Le rinçage s'est poursuivi avec l'eau distillée qui a été récupérée à chaque fois jusqu'au trait de jauge d'une fiole de 25 ml.

### ***Dosage des métaux lourds par absorption atomique***

L'absorption atomique est une méthode qui permet de doser essentiellement les métaux en solution.

Le dosage des métaux contenus dans les sols et les produits maraîchers s'est fait par la méthode de la spectrophotométrie d'absorption atomique de type SPECTRAA 220 VARIAN GTA 110 connecté à un ordinateur qui affichait directement les résultats en mg/kg (Pinta, 1971). Le dosage a été réalisé à partir du filtrat obtenu lors de la minéralisation et de la solubilisation. Pour doser chaque métal, on a d'abord fait passer au spectrophotomètre les solutions étalons avant de faire passer le filtrat de chaque échantillon obtenu lors de la minéralisation et de la solubilisation en appuyant sur le bouton de lecture. Lorsque le spectrophotomètre ne détecte pas d'éléments traces métalliques dans les produits maraîchers, il affiche « non déterminé ». Le traitement statistique est effectué uniquement sur les valeurs déterminées.

### ***Index de pollution par les éléments traces métalliques dans les sols***

L'index de pollution (IP) a été calculé afin de déterminer la toxicité des sols des différents sites de la zone étudiée. En effet, l'IP est un critère qui permet d'évaluer la toxicité globale d'un sol contaminé. Ainsi, il permet de mettre en exergue une contamination de type multiéléments dans les échantillons (Smouni *et al.*, 2010). L'IP est calculé à partir de la moyenne des rapports des concentrations (mg/kg) en métaux dans les échantillons de sol sur la base des valeurs directives limites (Lambienou *et al.*, 2020). Ces valeurs limites correspondent aux niveaux tolérables des concentrations en métaux dans le sol selon la norme AFNOR U44-41 (Lambienou *et al.*, 2020). L'IP est une valeur sans unité et est déterminé par la formule suivante :

$$IP = \frac{\left( \frac{Fe}{1000} + \frac{Cu}{100} + \frac{Zn}{300} + \frac{Mn}{300} + \frac{Se}{10} + \frac{As}{25} + \frac{Pb}{100} + \frac{Cd}{2} + \frac{Cr}{150} + \frac{Ni}{50} + \frac{Co}{30} \right)}{11}$$

Equation (1)

IP > 1 correspond à un sol pollué par plusieurs métaux.

### ***Analyse statistique***

Tous les essais relatifs aux différentes analyses ont été effectués en triple et les données obtenues ont été exprimées par la moyenne arithmétique affectée de l'écart-type correspondant. L'analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été réalisée sur l'ensemble des résultats obtenus afin de déterminer l'existence de différences statistiques significatives entre les

valeurs des moyennes calculées. Les facteurs qui ont été utilisés dans l'ANOVA sont les sites de cultures, les cultures maraîchères, les éléments traces métalliques. Ces facteurs répondent aux hypothèses de normalité/homoscedasticité. Les différences statistiques significatives ont été mises en évidence par le test de Duncan à 95 % de niveau de confiance. Cette analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel Statistica 7.1.

## Résultats

### *Index de pollution*

L'Index de pollution (IP) est un critère qui permet d'évaluer la toxicité globale d'un sol contaminé. Il est calculé à partir de la moyenne des rapports des concentrations (mg/kg) en métaux dans les échantillons de sol sur la base des valeurs directives limites et est une valeur sans unité (Lambienou *et al.*, 2020).  $IP > 1$  correspond à un sol pollué par plusieurs métaux. Les valeurs de l'index de pollution des sols des sites étudiés ont été consignées dans le Tableau 1. Les résultats ont indiqué que les valeurs de l'index de pollution (IP) ont variées d'un site à l'autre. Les sols des décharges sauvages de tous les sites étudiés ont été pollués par des éléments traces métalliques à savoir : Abobo Akeikoi village ( $1,630 > 1$ ), Bingerville Bingerack city ( $1,793 > 1$ ), Cocody M'Pouto village ( $2,05 > 1$ ) et Port Bouët 43ème Bima ( $1,312 > 1$ ). Les sols des parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres et à 10 mètres des décharges sauvages de tous les sites étudiés n'ont pas été pollués par des éléments traces métalliques. Les valeurs d'IP de tous les sites étudiés ont diminué lorsque les parcelles de cultures maraîchères se sont éloignées des décharges sauvages. Dans les différents sols analysés de tous les sites étudiés, les plus fortes valeurs d'IP ont été observées au niveau du site de Cocody suivie de manière régressive du site de Bingerville et celui d'Abobo. Les plus faibles valeurs d'IP ont été observées au niveau du site de Port-Bouët

**Tableau 1** : Index de pollution des différents sols des sites étudiés

Index de Pollution	Sites			
	Abobo Akeikoi village	Bingerville Bingerack city	Cocody M'Pouto village	Port-Bouët 43ème Bima
IP0	1,630	1,793	2,05	1,312
IP1	0,407	0,440	0,473	0,333
IP2	0,165	0,178	0,186	0,123

*IP0* : Index de pollution au niveau du sol de la décharge sauvage

*IP1* : Index de pollution au niveau des parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres de la décharge sauvage

*IP2* : Index de pollution au niveau des parcelles de cultures maraîchères situées à 10 mètres de la décharge sauvage

***Teneur en éléments traces métalliques en fonction des différents sites étudiés***

***Teneur en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site d'Abobo Akeikoi village***

**Tableau 2 :** Valeurs-limites des concentrations de métaux dans les aliments (mg/kg) selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS

Valeurs-limites* (mg/kg)	Eléments traces métalliques									
	Fer	Cuivre	Zinc	Manganèse	Sélénium	Arsenic	Plomb	Cadmium	Nickel	
	8	3	11	10	-	0,2	0,3	0,2	0,2	

Les concentrations des éléments traces métalliques sont comparées en fonction de leurs valeurs-limites (Tableau 3). La valeur limite est la concentration au-delà de laquelle un produit maraîcher est considéré comme étant contaminé par un élément trace métallique. Sur le site d'Abobo, plusieurs éléments traces métalliques ont eu des teneurs moyennes supérieures à leurs valeurs limites respectives dans les feuilles de basilic, comme l'arsenic (As1 :  $0,284 \pm 0,010$  mg/kg > 0,2 mg/kg), le plomb (Pb1 :  $0,675 \pm 0,012$  mg/kg > 0,3 mg/kg), le cadmium (Cd1 :  $0,410 \pm 0,015$  mg/kg > 0,2 mg/kg ; Cd2 :  $0,250 \pm 0,002$  mg/kg > 0,2 mg/kg) et le nickel (Ni1 :  $0,300 \pm 0,010$  mg/kg > 0,2 mg/kg). Le cadmium est le seul métal qui a contaminé les feuilles de basilic des parcelles situées à 10 mètres de la décharge sauvage.

Le Tableau 3 montre que les feuilles d'oignon ont été contaminées uniquement par le plomb (Pb1 :  $0,306 \pm 0,015$  mg/kg > 0,3 mg/kg). Toutes les feuilles d'oignon cultivées sur les parcelles situées à 10 mètres des produits maraîchers n'ont pas été contaminées.

Les feuilles de laitue quant à elles, ont absorbé beaucoup plus d'éléments traces métalliques comparées aux feuilles d'oignon. Elles ont assimilé des concentrations en cuivre (Cu1 :  $3,160 \pm 0,015$  mg/kg > 3 mg/kg), en plomb (Pb1 :  $1,776 \pm 0,013$  mg/kg > 0,3 mg/kg ; Pb2 :  $0,700 \pm 0,010$  mg/kg > 0,3 mg/kg), et en cadmium (Cd1 :  $0,310 \pm 0,010$  mg/kg > 0,2 mg/kg ; Cd2 :  $0,213 \pm 0,010$  mg/kg > 0,2 mg/kg) supérieures à leurs valeurs limites respectives. Les feuilles de laitue ( $0,012 \pm 0,001$  mg/kg) et les feuilles d'oignon ( $0,010 \pm 0,001$  mg/kg) ont été les seuls produits maraîchers qui ont absorbé des teneurs en sélénium.

Les tubercules de manioc du site d'Abobo ont été moins accumulateurs en éléments traces métalliques par rapport aux feuilles de basilic et aux feuilles de laitue. Les tubercules de manioc ont eu des teneurs en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives (0,3 mg/kg et 0,2 mg/kg). Tous les produits maraîchers étudiés ont obtenu des teneurs en fer, en zinc et en manganèse inférieures à leurs valeurs limites respectives (8 mg/kg, 11 mg/kg et 10 mg/kg).

**Tableau 3 :** Teneurs en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site d'Abobo Akeikoi village

Eléments traces métalliques (mg/kg)	Produits maraîchers				Valeurs-limites* (mg/kg)
	Feuille de basilic	Feuille d'oignon	Feuille de laitue	Tubercule de manioc	
<b>Fer1</b>	3,560 ± 0,015 <sup>b</sup>	4,265 ± 0,010 <sup>b</sup>	4,500 ± 0,010 <sup>c</sup>	3,254 ± 0,016 <sup>b</sup>	8
<b>Fer2</b>	1,224 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,220 ± 0,010 <sup>a</sup>	2,822 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,030 ± 0,010 <sup>a</sup>	8
<b>Cuivre1</b>	2,010 ± 0,012 <sup>b</sup>	-	3,160 ± 0,015 <sup>c</sup>	-	3
<b>Cuivre2</b>	0,120 ± 0,005 <sup>a</sup>	-	0,740 ± 0,010 <sup>c</sup>	-	3
<b>Zinc1</b>	6,830 ± 0,011 <sup>b</sup>	3,648 ± 0,017 <sup>a</sup>	5,030 ± 0,013 <sup>d</sup>	4,789 ± 0,015 <sup>c</sup>	11
<b>Zinc2</b>	3,106 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,160 ± 0,015 <sup>a</sup>	2,698 ± 0,017 <sup>b</sup>	0,451 ± 0,015 <sup>b</sup>	11
<b>Manganèse1</b>	3,500 ± 0,013 <sup>c</sup>	2,267 ± 0,013 <sup>a</sup>	3,490 ± 0,015 <sup>c</sup>	2,713 ± 0,010 <sup>b</sup>	10
<b>Manganèse2</b>	2,145 ± 0,010 <sup>b</sup>	0,130 ± 0,001 <sup>a</sup>	1,496 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,430 ± 0,016 <sup>b</sup>	10
<b>Sélénium1</b>	-	0,010 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,012 ± 0,001 <sup>a</sup>	-	-
<b>Sélénium2</b>	-	-	-	-	-
<b>Arsenic1</b>	0,284 ± 0,010 <sup>a</sup>	-	0,014 ± 0,001 <sup>a</sup>	-	0,2
<b>Arsenic2</b>	-	-	-	-	0,2
<b>Plomb1</b>	0,675 ± 0,012 <sup>b</sup>	0,306 ± 0,015 <sup>a</sup>	1,776 ± 0,013 <sup>d</sup>	1,628 ± 0,013 <sup>c</sup>	0,3
<b>Plomb2</b>	0,010 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,023 ± 0,008 <sup>a</sup>	0,700 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,745 ± 0,010 <sup>b</sup>	0,3
<b>Cadmium1</b>	0,410 ± 0,015 <sup>c</sup>	0,063 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,310 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,319 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,2
<b>Cadmium2</b>	0,250 ± 0,002 <sup>a</sup>	-	0,213 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,222 ± 0,013 <sup>a</sup>	0,2
<b>Nickel1</b>	0,300 ± 0,010 <sup>b</sup>	-	0,133 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,170 ± 0,010 <sup>b</sup>	0,2
<b>Nickel2</b>	-	-	-	-	0,2

Les moyennes affectées de lettres (a, b, c, d, e, f) différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

ETM1 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres des décharges sauvages

ETM2 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 10 mètres des décharges sauvages

\*Valeurs limites des concentrations de métaux dans les aliments selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS

- : Valeurs non déterminées

### **Teneur en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Bingerville Bingérack city**

Sur le site de Bingerville, plusieurs éléments traces métalliques ont eu des teneurs moyennes supérieures à leurs valeurs limites respectives dans les feuilles de basilic, comme l'arsenic, le plomb, le cadmium et le nickel. Le cadmium est le seul métal qui a contaminé les feuilles de basilic des parcelles situées à 10 mètres de la décharge sauvage.

Le Tableau 4 montre que les feuilles d'oignon ont été les produits maraîchers les moins accumulateurs d'éléments traces métalliques. Elles ont été contaminées uniquement par le plomb (Pb1 : 0,343 ± 0,010 mg/kg > 0,3 mg/kg). Toutes les feuilles d'oignon cultivées sur les parcelles situées à 10 mètres des produits maraîchers n'ont pas été contaminées.

Les feuilles de laitue quant à elles, ont absorbé beaucoup plus d'éléments traces métalliques comparées aux feuilles d'oignon. Elles ont assimilé des concentrations en cuivre, en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives. Les feuilles de laitue (0,013 ± 0,001 mg/kg)

et les feuilles d'oignon ( $0,011 \pm 0,001$  mg/kg) ont été les seuls produits maraîchers qui ont absorbé des teneurs en sélénium.

Les tubercules de manioc ont eu des teneurs en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives. Tous les produits maraîchers étudiés ont obtenu des teneurs en fer, en zinc et en manganèse inférieures à leurs valeurs limites respectives (8 mg/kg, 11 mg/kg et 10 mg/kg).

**Tableau 4 :** Teneurs en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Bingerville Bingérack City

Eléments traces métalliques (mg/kg)	Produits maraîchers				Valeurs-limites* (mg/kg)
	Feuille de basilic	Feuille d'oignon	Feuille de laitue	Tubercule de manioc	
Fer1	$4,966 \pm 0,012^c$	$4,300 \pm 0,013^b$	$4,720 \pm 0,010^c$	$3,316 \pm 0,011^b$	8
Fer2	$1,321 \pm 0,002^a$	$0,310 \pm 0,010^b$	$2,864 \pm 0,003^b$	$0,036 \pm 0,005^a$	8
Cuivre1	$2,033 \pm 0,012^b$	-	$3,326 \pm 0,015^c$	-	3
Cuivre2	$0,124 \pm 0,003^a$	-	$0,741 \pm 0,013^c$	-	3
Zinc1	$6,966 \pm 0,011^b$	$3,719 \pm 0,013^a$	$5,123 \pm 0,015^d$	$5,790 \pm 0,015^d$	11
Zinc2	$3,323 \pm 0,013^b$	$0,190 \pm 0,017^a$	$2,769 \pm 0,014^b$	$0,472 \pm 0,016^b$	11
Manganèse1	$3,866 \pm 0,017^c$	$2,375 \pm 0,010^a$	$4,291 \pm 0,010^d$	$2,713 \pm 0,013^b$	10
Manganèse2	$2,145 \pm 0,013^b$	$0,147 \pm 0,002^a$	$1,536 \pm 0,011^a$	$0,546 \pm 0,017^b$	10
Sélénium1	-	$0,011 \pm 0,001^a$	$0,013 \pm 0,001^a$	-	-
Sélénium2	-	-	-	-	-
Arsenic1	$0,300 \pm 0,010^a$	-	$0,014 \pm 0,001^a$	-	0,2
Arsenic2	-	-	-	-	0,2
Plomb1	$0,703 \pm 0,005^b$	$0,343 \pm 0,010^a$	$1,801 \pm 0,012^d$	$1,636 \pm 0,017^c$	0,3
Plomb2	$0,010 \pm 0,001^a$	$0,034 \pm 0,005^a$	$0,765 \pm 0,015^a$	$0,783 \pm 0,010^b$	0,3
Cadmium1	$0,415 \pm 0,010^c$	$0,113 \pm 0,015^a$	$0,413 \pm 0,011^a$	$0,417 \pm 0,016^c$	0,2
Cadmium2	$0,243 \pm 0,015^a$	-	$0,224 \pm 0,012^a$	$0,237 \pm 0,017^a$	0,2
Nickel1	$0,323 \pm 0,005^b$	-	$0,333 \pm 0,015^c$	$0,177 \pm 0,017^b$	0,2
Nickel2	-	-	-	-	0,2

Les moyennes affectées de lettres (a, b, c, d, e, f) différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

ETM1 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres des décharges sauvages

ETM2 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 10 mètres des décharges sauvages

\*Valeurs limites des concentrations de métaux dans les aliments selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS

- : Valeurs non déterminées

### **Teneur en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Cocody M'Pouto village**

Sur le site de Cocody, plusieurs éléments traces métalliques ont eu des teneurs moyennes supérieures à leurs valeurs limites respectives dans les feuilles de basilic comme l'arsenic, le plomb, le cadmium et le nickel. Le cadmium est le seul métal qui a contaminé les feuilles de basilic des parcelles situées à 10 mètres de la décharge sauvage.

Le Tableau 5 montre que les feuilles d'oignon ont été contaminées uniquement par le plomb (Pb1 :  $0,390 \pm 0,017$  mg/kg > 0,3 mg/kg). Toutes les

feuilles d'oignon cultivées sur les parcelles situées à 10 mètres des produits maraîchers n'ont pas été contaminées.

Les feuilles de laitues ont assimilé des concentrations en cuivre, en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives. Les feuilles de laitue ( $0,014 \pm 0,001$  mg/kg) et les feuilles de d'oignon ( $0,023 \pm 0,003$  mg/kg) ont été les seuls produits maraîchers qui ont absorbé des teneurs en sélénium.

Les tubercules de manioc ont eu des teneurs en plomb et en cadmium supérieurs à leurs valeurs limites respectives. Tous les produits maraîchers étudiés ont obtenu des teneurs en fer, en zinc et en manganèse inférieures à leurs valeurs limites respectives (8 mg/kg, 11 mg/kg et 10 mg/kg).

**Tableau 5 :** Teneurs en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Cocody M'Pouto village

Eléments traces métalliques (mg/kg)	Produits maraîchers				Valeurs-limites* (mg/kg)
	Feuille de basilic	Feuille d'oignon	Feuille de laitue	Tubercule de manioc	
<b>Fer1</b>	$5,100 \pm 0,010^c$	$4,874 \pm 0,017^b$	$4,736 \pm 0,015^c$	$3,319 \pm 0,013^b$	8
<b>Fer2</b>	$1,333 \pm 0,002^a$	$0,290 \pm 0,010^b$	$2,986 \pm 0,005^b$	$0,040 \pm 0,017^a$	8
<b>Cuivre1</b>	$2,133 \pm 0,017^b$	-	$3,923 \pm 0,013^d$	-	3
<b>Cuivre2</b>	$0,142 \pm 0,005^a$	-	$0,836 \pm 0,015^d$	-	3
<b>Zinc1</b>	$7,233 \pm 0,008^b$	$3,723 \pm 0,015^a$	$6,013 \pm 0,015^c$	$6,987 \pm 0,014^c$	11
<b>Zinc2</b>	$3,456 \pm 0,010^b$	$0,223 \pm 0,010^b$	$3,249 \pm 0,005^c$	$0,500 \pm 0,003^b$	11
<b>Manganèse1</b>	$4,166 \pm 0,012^c$	$2,581 \pm 0,011^a$	$5,140 \pm 0,010^c$	$2,800 \pm 0,010^b$	10
<b>Manganèse2</b>	$2,320 \pm 0,012^b$	$0,139 \pm 0,001^a$	$1,963 \pm 0,017^a$	$0,560 \pm 0,015^b$	10
<b>Sélénium1</b>	-	$0,023 \pm 0,003^a$	$0,014 \pm 0,001^a$	-	-
<b>Sélénium2</b>	-	-	-	-	-
<b>Arsenic1</b>	$0,302 \pm 0,006^b$	$0,016 \pm 0,001^a$	-	0,2	0,2
<b>Arsenic2</b>	-	-	-	-	0,2
<b>Plomb1</b>	$0,706 \pm 0,005^b$	$0,390 \pm 0,017^a$	$2,013 \pm 0,012^d$	$1,641 \pm 0,011^c$	0,3
<b>Plomb2</b>	$0,011 \pm 0,001^a$	$0,049 \pm 0,007^a$	$0,781 \pm 0,013^a$	$0,814 \pm 0,017^b$	0,3
<b>Cadmium1</b>	$0,430 \pm 0,006^c$	$0,173 \pm 0,015^a$	$0,583 \pm 0,015^a$	$0,693 \pm 0,011^d$	0,2
<b>Cadmium2</b>	$0,270 \pm 0,001^a$	-	$0,232 \pm 0,011^a$	$0,256 \pm 0,010^a$	0,2
<b>Nickel1</b>	$0,328 \pm 0,010^b$	-	$0,983 \pm 0,015^d$	$0,190 \pm 0,010^b$	0,2
<b>Nickel2</b>	-	-	-	-	0,2

Les moyennes affectées de lettres (a, b, c, d, e, f) différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

ETM1 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres des décharges sauvages

ETM2 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 10 mètres des décharges sauvages

\*Valeurs limites des concentrations de métaux dans les aliments selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS

- : Valeurs non déterminées

### **Teneur en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Port-Bouët 43ème Bima**

Sur le site de Port-Bouët, plusieurs éléments traces métalliques ont eu des teneurs moyennes supérieures à leurs valeurs limites respectives dans les feuilles de basilic, comme l'arsenic, le plomb, le cadmium et le nickel. Le

cadmium est le seul métal qui a contaminé les feuilles de basilic des parcelles situées à 10 mètres de la décharge sauvage.

Le Tableau 6 montre que les feuilles d'oignon ont été les produits maraîchers les moins accumulateurs d'éléments traces métalliques. Elles ont été contaminées uniquement par le plomb. Toutes les feuilles d'oignon cultivées sur les parcelles situées à 10 mètres des produits maraîchers n'ont pas été contaminées.

Les feuilles de laitue quant à elles, ont absorbé beaucoup plus d'éléments traces métalliques comparées aux feuilles d'oignon. Elles ont assimilé des concentrations en cuivre, en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives (Tableau 2). Sur le site de Port-Bouët, seules les feuilles de laitue issues des parcelles de cultures situées à 10 mètres de la décharge sauvage n'ont pas été contaminées par le cadmium. Les feuilles de laitue et les feuilles d'oignon ont été les seuls produits maraîchers qui ont absorbé des teneurs en sélénium.

Les tubercules de manioc ont eu des teneurs en plomb et en cadmium supérieures à leurs valeurs limites respectives (Tableau 2). Tous les produits maraîchers étudiés ont obtenu des teneurs en fer, en zinc et en manganèse inférieures à leurs valeurs limites respectives (8 mg/kg, 11 mg/kg et 10 mg/kg).

**Tableau 6 :** Teneurs en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site Port-Bouët 43ème Bima

Eléments traces métalliques (mg/kg)	Produits maraîchers				Valeurs-limites* (mg/kg)
	Feuille de basilic	Feuille d'oignon	Feuille de laitue	Tubercule de manioc	
Fer1	3,380 ± 0,015 <sup>b</sup>	4,070 ± 0,011 <sup>b</sup>	4,043 ± 0,015 <sup>c</sup>	3,126 ± 0,013 <sup>b</sup>	8
Fer2	0,902 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,203 ± 0,005 <sup>a</sup>	2,621 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,026 ± 0,005 <sup>a</sup>	8
Cuivre1	2,000 ± 0,017 <sup>b</sup>	-	2,036 ± 0,014 <sup>b</sup>	-	3
Cuivre2	0,086 ± 0,007 <sup>a</sup>	-	0,365 ± 0,014 <sup>a</sup>	-	3
Zinc1	5,902 ± 0,010 <sup>a</sup>	3,237 ± 0,017 <sup>a</sup>	4,243 ± 0,010 <sup>c</sup>	3,461 ± 0,013 <sup>b</sup>	11
Zinc2	2,965 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,126 ± 0,014 <sup>a</sup>	2,226 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,439 ± 0,015 <sup>b</sup>	11
Manganèse1	3,275 ± 0,013 <sup>c</sup>	2,137 ± 0,013 <sup>a</sup>	2,263 ± 0,010 <sup>b</sup>	2,509 ± 0,011 <sup>b</sup>	10
Manganèse2	2,140 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,125 ± 0,004 <sup>a</sup>	1,264 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,429 ± 0,013 <sup>b</sup>	10
Sélénium1	-	0,009 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>a</sup>	-	-
Sélénium2	-	-	-	-	-
Arsenic1	0,279 ± 0,010 <sup>c</sup>	-	0,013 ± 0,001 <sup>a</sup>	-	0,2
Arsenic2	-	-	-	-	0,2
Plomb1	0,398 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,300 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,976 ± 0,015 <sup>c</sup>	1,623 ± 0,015 <sup>c</sup>	0,3
Plomb2	0,008 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,019 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,692 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,728 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,3
Cadmium1	0,276 ± 0,011 <sup>a</sup>	0,033 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,243 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,283 ± 0,010 <sup>ab</sup>	0,2
Cadmium2	0,204 ± 0,001 <sup>a</sup>	-	0,198 ± 0,008 <sup>a</sup>	0,212 ± 0,017 <sup>a</sup>	0,2
Nickel1	0,294 ± 0,010 <sup>b</sup>	-	0,080 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,153 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,2
Nickel2	-	-	-	-	0,2

Les moyennes affectées de lettres (a, b, c, d, e, f) différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

ETM1 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 5 mètres des décharges sauvages

*ETM2 : Concentrations dans les parcelles de cultures maraîchères situées à 10 mètres des décharges sauvages*

*\*Valeurs limites des concentrations de métaux dans les aliments selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS*

*- : Valeurs non déterminées*

## **Discussions**

### ***Index de pollution***

Le tableau 1 indique que l'IP dans les sols des décharges sauvages est supérieur à 1. Ces résultats sont en accord avec ceux de (Ye, 2020) qui a obtenu des Index de pollution (IP) supérieurs à 1 sur des sols des zones urbaines et périurbaines de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso (Tankari *et al.*, 2013) et dans des zones minières au Maroc (Smouni *et al.*, 2010).

Les résultats indiquent également que tous les sites situés à 5 et à 10 mètres des décharges sauvages ont des valeurs d'IP inférieures à 1, suggérant ainsi qu'il n'y a pas eu de contamination multiple de leurs sols par les éléments traces métalliques à ce niveau. Ces résultats sont en accord avec ceux de (Smouni *et al.*, 2010) et (Kouakou *et al.*, 2019) qui affirment que des concentrations en éléments traces métalliques inférieures à la norme ne présentent pas des risques de contamination du sol. Les résultats obtenus suggèrent donc que les sols des différents sites situés à 5 mètres et à 10 mètres des décharges sauvages sont relativement de bonne qualité.

### ***Teneur en éléments traces métalliques dans les produits maraîchers du site de Port-Bouët 43ème Bima***

L'analyse des quatre produits maraîchers étudiés a montré de fortes teneurs en métaux lourds dans ces derniers. La classification des teneurs en métaux par ordre d'importance varie avec les différents produits maraîchers. La comparaison des teneurs totales en éléments traces métalliques dans les aliments par rapport aux valeurs obtenues par d'autres chercheurs montre que les teneurs en cuivre (Cu) dans les feuilles de laitue (de 2,036 mg/kg à 3,923 mg/kg) ont été supérieures à la norme (3 mg/kg). Ces résultats sont inférieurs à ceux de (Kagadju *et al.*, 2023) et (Mpundu *et al.*, 2013) sur les légumes d'amarante étudiées au Congo avec 4,17 mg/kg de cuivre. Mais supérieures à ceux (Kouassi *et al.*, 2022) dans leur étude sur les légumes-feuilles (3,59 mg/kg) cultivés en Côte d'Ivoire à Marcory et Cocody. En effet, le cuivre est un oligo-élément indispensable à de nombreux enzymes. À ce titre, il intervient dans le métabolisme de plusieurs nutriments : glucides (sucres), lipides (graisses) et fer. Cependant, l'excès de cuivre provoque une hépatite, atteinte du foie s'accompagnant le plus souvent d'une jaunisse. Le cuivre active certaines enzymes des plantes, lesquelles jouent un rôle dans la synthèse de la lignine.

Le zinc a présenté des concentrations relativement élevées dans les feuilles de basilic (de 2,965 mg/kg à 7,233 mg/kg), les feuilles de laitue (de 2,226 mg/kg à 6,013 mg/kg) et les tubercules de manioc (de 0,439 mg/kg à 6,987 mg/kg) par rapport aux feuilles d'oignon (de 0,126 mg/kg à 3,723 mg/kg). Ces teneurs sont toutes inférieures à la teneur limite du zinc (Tableau 2) dans les produits maraîchers (11 mg/kg). Ces valeurs reflètent un excellent apport en oligoélément essentiel. Il ne fait pas de doute que les fortes concentrations du zinc dans les aliments analysés sont le résultat d'une pollution urbaine liée à l'apport supplémentaire de zinc dans le lixiviat des décharges sauvages (Pinos, 2023). Toutefois, le zinc est un sel minéral présent dans notre organisme. Il n'en possède pas moins un rôle essentiel : stimulation des défenses immunitaires, protection contre le vieillissement cellulaire. Ce cas est relativement rare, mais lorsqu'un excès de zinc est disponible, les plantes présentent des symptômes proches de ceux de la carence en fer, c'est-à-dire d'une chlorose des jeunes feuilles (Douay & Sterckeman, 2002).

Les teneurs en cadmium (Cd) obtenues dans les produits maraîchers de cette étude (de 0,033 à 0,693 mg/kg) ont été inférieures aux teneurs obtenues dans les plantes cultivées sur les sites métallurgiques de Noyelles-Godault et d'Auby en France, qui atteignent jusqu'à 1,50 mg/kg (Kouassi *et al.*, 2008). Les études de (Dan-Badjo *et al.*, 2013) réalisées sur les sites maraîchers de Cocody et de Marcory en Côte d'Ivoire à Abidjan rapportent des teneurs en cadmium dans les végétaux (de 0,12 à 0,41 mg/kg) inférieures aux teneurs en cadmium obtenues dans cette étude. Des études de (Kumar *et al.*, 2019) sur la laitue et le chou dans la vallée de Gounti à Niamey révèlent également des teneurs en cadmium inférieures aux nôtres (de 0,58 à 0,60 mg/kg). Des travaux rapportent des teneurs en cadmium variant de 0,11 à 0,53 mg/kg (Douay & Sterckeman, 2002). Le cadmium est un contaminant de la chaîne alimentaire qui présente des taux élevés de transfert du sol aux plantes. L'exposition à de faibles niveaux de cadmium peut entraîner des dommages aux reins, au foie, au système squelettique, et au système cardiovasculaire, ainsi qu'une altération de la vue et de l'ouïe. En plus des effets tératogènes et mutagènes importants, le cadmium a des effets néfastes sur la reproduction humaine masculine et féminine et affecte la grossesse (Ammar *et al.*, 2005). Dans des travaux sur les effets du cadmium dans les feuilles de tomate, certains auteurs affirment que le cadmium diminue les teneurs en éléments nutritifs ainsi que celles des pigments photosynthétiques (Taleb, 2021).

Les teneurs élevées en fer sont bénéfiques pour les produits maraîchers, car le fer contribue au transport d'éléments importants par le biais du système circulatoire de la plante (Talhouët, 2020). Sans fer, une plante est incapable de produire de la chlorophylle et donc de créer de l'oxygène (Cayot, 2022). Les teneurs en fer dans les produits maraîchers analysés sur les premières parcelles de sols ont été assez importantes, allant de 3,126 mg/kg

dans les tubercules de manioc du site de Port-Bouët à 5,100 mg/kg dans les feuilles de basilic du site de Cocody. Tous les produits maraîchers analysés ont absorbé des teneurs en fer. Cela suggère ainsi que les produits maraîchers semblent accumuler beaucoup plus le fer (Kumar *et al.*, 2019). Toutefois, les valeurs de fer dans les aliments, obtenues dans cette étude (de 0,026 mg/kg à 5,100 mg/kg) sont inférieures à celles de (Pinos, 2023) et (Delisle-Houde *et al.*, 2020) qui ont recensé des teneurs en fer dans des aliments allant jusqu'à (11 mg/kg).

Les teneurs en nickel (Ni) dans les feuilles de basilic (de 0,294 mg/kg à 0,328 mg/kg), les feuilles de laitue (de 0,333 mg/kg à 0,983 mg/kg) et les tubercules de manioc (0,212 mg/kg) sont supérieures à la norme mondiale (0,2 mg/kg). Des teneurs en nickel supérieures à la norme ont également été trouvées dans des travaux sur le transfert des éléments traces vers la *chénopodiacée spinacia oleracea (L.)* à Constantine (Algérie) (Pinos, 2023). Le nickel dissous et sous forme particulaire s'introduit dans le milieu par l'intermédiaire de lixiviats à la suite d'activités anthropiques (Pinos, 2023). Apporté en quantité raisonnable dans l'alimentation, le nickel peut être important pour lutter contre l'anémie puisqu'il aide l'organisme à mieux absorber le fer. Cependant, le nickel est toxique s'il est consommé en trop grandes quantités. On constate notamment une recrudescence des cancers des poumons, du larynx et de la prostate chez les personnes exposées trop fréquemment au nickel dans le cadre professionnel (Mathilde, 2018). On constate aussi un retardement de la croissance de la plante au-delà d'une certaine teneur en nickel (Ontod *et al.*, 2015).

La teneur limite du manganèse est de 10 mg/kg (Tableau 2). Les teneurs en manganèse obtenues dans les produits maraîchers étudiés ont été de (0,125 mg/kg à 5,140 mg/kg). Ceci laisse supposer que l'absence de symptômes d'intoxication enregistrée dans notre étude peut être attribuée à une faible accumulation du manganèse dans les organes des espèces étudiées. En effet, les symptômes caractéristiques d'une toxicité manganifère sont généralement perceptibles au niveau foliaire. L'Homme et les plantes sont plus proches d'une carence en manganèse que d'un excès en manganèse (Kalonda *et al.*, 2015).

Tous les produits maraîchers analysés ont été contaminés par le plomb (0,3 mg/kg à 2,013 mg/kg). Ce constat est le même que celui d'une étude sur les plantes vivrières consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga au Congo (Rouibi *et al.*, 2012). Chez l'Homme, le plomb est responsable de troubles mentaux organiques : céphalées, asthénie, irritabilité, difficultés mnésiques et de concentration, diminution de la libido, troubles du sommeil, altérations de la dextérité et de la coordination (Cecchi, 2008). Dans la plante, il exerce un effet dépressif sur la germination, et retarde

cette dernière dans le temps. Le plomb diminue la teneur en pigments (Toulaïb, 2021).

La laitue et les feuilles de basilic ont été les produits maraîchers étudiés qui accumulaient le plus d'éléments traces métalliques. Les feuilles d'oignon et le manioc ont été moins accumulateurs en éléments traces métalliques. Les plantes à croissance rapide comme les légumes à feuilles légères sont connues pour leur aptitude à l'accumulation des métaux lourds (Yehouenou, 2020). La présente étude montre que les produits maraîchers étudiés sont contaminés par des métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni et Se), étant donné que les teneurs en concentrations des métaux lourds dans ces produits maraîchers dépassent largement les teneurs de concentrations maximales destinées à l'alimentation selon l'OMS. Ces métaux sont ceux détectés dans les sols sur lesquels sont cultivés les produits maraîchers. Cependant, le taux du transfert des métaux lourds du sol vers le produit maraîcher varie en fonction des espèces et de la biodisponibilité de chaque élément trace (Diop *et al.*, 2022), comme le démontrent les résultats de cette étude. En effet, il existe une diminution de la pollution au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point central et une accumulation de zinc et de plomb à proximité de la décharge (Gnandi, 1998). À partir du point de déversement des déchets phosphatés dans la mer à Goumoukopé (exutoire des déchets) au Togo, les concentrations en métaux diminuent de la côte vers le large et aussi au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source de pollution (Aduayi-Akue *et al.*, 2014). Ces résultats sont en droite ligne avec les études réalisées sur le maïs cultivé dans la même zone de traitement des phosphates de Kpémé au Togo qui montrent que le degré de pollution des localités diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'usine (source de pollution) (Awokunmi *et al.*, 2015). Au niveau du cadmium et du plomb, il ressort des analyses de corrélation qu'une accumulation du plomb dans les racines entraîne également son accumulation dans les feuilles puis dans les grains (Garnier, 2005). Ces résultats viennent confirmer ceux de (Remon, 2006) qui a découvert que l'accumulation du plomb se fait de proche en proche d'abord au niveau des racines, puis des tiges, feuilles et grains. Les métaux lourds ont été détectés dans les sols sur lesquels sont cultivés les produits maraîchers. Cela confirme les différentes teneurs obtenues au niveau des feuilles des produits maraîchers analysés.

Les résultats de cette étude permettent de retenir une affinité entre les teneurs en métaux dans les sols de cultures et leurs teneurs dans les produits maraîchers cultivés sur ces sols. En effet, plus les concentrations en métaux sont élevées dans les sols, plus l'absorption par le transfert de métaux des sols aux produits est élevée.

## Conclusion

La détermination de l'index de pollution (IP) a permis d'évaluer la toxicité globale des sols contaminés. Les plus fortes valeurs d'IP ont été observées au niveau du site de Cocody suivies de manière régressive du site de Bingerville, Abobo et Port-Bouët. Plus les parcelles de cultures maraîchères ont été proches des décharges sauvages, plus les teneurs en éléments traces métalliques ont été élevées dans les sols et vice-versa. Les produits maraîchers analysés ont présenté des teneurs en minéraux essentiels comme le fer, le zinc, le manganèse, inférieures à leurs valeurs limites respectives (8 mg/kg, 11 mg/kg et 10 mg/kg). Ce qui représente de bons apports nutritionnels. Cependant, ces produits maraîchers ont accumulé par la même occasion des métaux lourds toxiques pour l'organisme comme l'arsenic, le plomb, le nickel et le cadmium. Ainsi, la mise en pratique de techniques de dépollution des sols comme la réduction chimique et la consommation de produits maraîchers issus de sites non contaminés serait une solution pour réduire les risques d'intoxication et de maladies.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

## References:

1. Aduayi-Akue, A. A., 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)*. International Journal Biological and Chemical Science. 8(5) : 2347-2355.
2. Akpo, S. K., Coulibaly, L. S., Coulibaly, L., & Savane I. (2016). *Evolution Temporelle de l'utilisation des pesticides en agriculture tropicale dans le bassin versant de la Marahoué, Côte d'Ivoire*. International Journal of Innovation and Applied Studies. 14(1) : 121-131.
3. Amani, M. K., Kouao, J-M., & Koffi, E. K. (2022). *Caractérisation intra-annuelle de la variabilité climatique en Côte d'Ivoire*. Articles Varia. 99(2) : 289-306
4. Ammar, W. B., Nouairi, I., Tray, B., Zarrouk, M., Jemal, F., & Ghorbel, M. H. (2005). *Effets du cadmium sur l'accumulation ionique*

- et les teneurs en lipides dans les feuilles de tomate (Lycopersicum esculentum)*. Journal de la Société de Biologie. 199 (2) : 157-163.
5. AOAC, ‘ ‘Official Methods of Analysis, 15ème édition. Association of Official Analytical Chemists ‘ ‘ Washington DC, (1990) 774
  6. Assy, H. C., Dan, C. G., Yapi, A. Y. D., & Ohouo D. R. (2024). *Identification and Characterization of Market Garden Crops Grown Near Landfills in Abidjan District*. Archives of Current Research International. 24(2) : 1-11.
  7. Awokunmi, E. E., Adefemi, O. S., Asaolu, S. S. (2015). *Tissues accumulation of heavy metals by maize (Zea maize L.) cultivated on soil collected from selected dumpsites in Ekiti State, Nigeria*. American Chemical Science Journal. 5 (2) : 156-162.
  8. Baudelaire, N. (2019). *La réparation du dommage à l’environnement du fait des déchets simples en Côte d’Ivoire*. Thèse de doctorat. Droit. Université Côte d’Azur. 1-380.
  9. Bosso, A. V., Sika, N. A., Kwadjo, K., & Pokou, K. P. (2020). *Caractérisation des systèmes de cultures maraîchères dans deux localités du district d’Abidjan (Anyama et Port-Bouët) au sud de la côte d’ivoire*. Revue de l’environnement et de la Biodiversité-PASRES. 5 : 41-50.
  10. Cayot, P. (2022). *Pourquoi le fer est indispensable à notre santé*. Hal open science. Expertise. 1-6.
  11. Cecchi, M. (2008). *Devenir du plomb dans le système sol-plante. Ecosystèmes*. Thèse de doctorat de l’Institut National Polytechnique de Toulouse. 1-227.
  12. Celine, Y., Koffie-Bikpo., & Akoua, A. A. (2014). *Agriculture commerciale à Abidjan : le cas des cultures maraîchères*. International Pour. 2(224) : 141-149.
  13. Coulibaly, S. Y., Koukougnon, W., & Loba, A. D. (2021). *La pratique des maraichers aux alentours de l’établissement ivoire golf club dans le quartier de la riviera dans la commune de Cocody à Abidjan (Côte d’Ivoire)*. International Journal of Advance Research. 9(09) : 858-865.
  14. Dan-Badjo., Yadjji G., Nomaou, D., Moussa, B., & Guillaume, E. (2013). *Évaluation des niveaux de contamination en éléments traces métalliques de laitue et de chou cultivés dans la vallée de Gounti Yena à Niamey, Niger*. Journal of Applied Biosciences. 8(67) : 5326 - 5335.
  15. Delisle-Houde, M., François, D., & Russell, J. T. (2020). *Évaluation des produits phytosanitaires pour la lutte contre la rouille tardive des feuilles du framboisier [Pucciniastrum americanum (Farl.) Arthur]*. Un article de la revue Phytoprotection. 100(1) : 16-21.
  16. Diop, T., Abdoulaye D., Mouhamadou, A., & Abdoulaye, D. (2022). *Impact d’une décharge urbaine sur la contamination métallique des*

- sols : cas de la décharge de Mbeubeuss (Dakar)*. International Journal Biological and Chemical Science. 16(6) : 2992-3002.
17. Douay, F., & Sterckeman, T. (2002). *Teneurs en Pb, Cd et Zn dans les végétaux cultivés aux alentours d'usines métallurgiques*. In D. Baise & M. Tercé : *Les éléments traces métalliques dans les sols*. Approches fonctionnelles et spatiales, INRA Editions. Paris. 505-521.
  18. Garnier, R. (2005). *Toxicité du plomb et de ses dérivés*. EMC (Elsevier SAS, Paris), Toxicologie-Pathologie professionnelle. 16 (1) : 7-10.
  19. Gnandi, K. (1998). *Cadmium et autres polluants inorganiques dans les sols et les sédiments de la région côtière du Togo : une étude géochimique*. Thèse de doctorat de l'Université Friedrich Alexandre d'Erlangen Nuremberg, République Fédérale d'Allemagne. 1-133.
  20. Kagadju, A., & Yamonekawasso, J. (2023). *Impacts des décharges incontrôlées sur la qualité du sol dans les quartiers péri-urbains de la ville de Goma (Est RD Congo) : cas du quartier Mugunga*. International Journal Biological and Chemical Sciences. 17(4): 1738-1749.
  21. Kalonda, D. M., Kabamba, T. A., Koto, F. K., & Cansa, H. M. (2015). *Profil des métaux lourds contenus dans les plantes vivrières consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga*. Journal of Applied Biosciences. 2(96) : 9049-9054
  22. Kouakou, K. J., Gogbeu, S. J., Sika, A. E., Yao, K. B., & Tahri, M. (2019). *Caractérisation physico-chimique des horizons de surface de sols maraîchers dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. International Journal Biological and Chemical Science. 13(2) : 1193-1200.
  23. Kouassi, J. K., Yves, A. B., Ahoua, E. S., Baize, D., & Fatiha, Z. (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) : 471-487.
  24. Kouassi, S. K., Kouadio, R. O., & Florence, F. (2022). *Logiques d'implantation des structures sanitaires et disparités socio-spatiales de l'accès à l'offre de soins à Bouaké (Côte d'Ivoire)*. Open Édition Journals. Espace populations sociétés. (2-3) : 38-42.
  25. Kumar, S., & Sharma, A. (2019). *Toxicité du cadmium : effets sur la reproduction et la fertilité humaines*. Revue Environnement Santé. 34(4) : 327-338.
  26. Lambienou, Y., Lompo, D., Sako, A., & Nacro, H. (2020). *Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques des sols soumis à l'apport des déchets urbains solides*. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 14(9) : 3361-3371.

27. Mathilde, G. (2018). *Procédés innovants pour la valorisation du nickel directement extrait de plantes hyper accumulatrices*. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 2018. 1-193.
28. Mpundu, M., Useni, S., Ntumba, N., Muyambo, M., & Ilunga, K. (2013). *Évaluation des teneurs en éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de la zone minière de Lubumbashi*. Journal of Applied Biosciences. (66) : 5106-5113.
29. Ontod, T. D., Lepengue, A. N., & M'batchi, B. (2015). *Effet des concentrations en manganèse du sol sur la croissance du manioc (manihot esculenta crantz) au gabon*. European Scientific Journal. 11(33) : 281-295.
30. Pinta, M. (1971). *Spectrophotométrie d'absorption atomique*. Livre en ligne. Site : [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers14-04/10340.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-04/10340.pdf). Consulté le 31/10/2024. p 855.
31. Pinos, L. (2023). *Les (insoupçonnés !) bienfaits du cuivre pour votre organisme*. Article Novoma en ligne. Consulté le 13-11-2023.
32. Remon, E. (2006). *Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution*. Thèse de doctorat en Biologie Végétale. 157.
33. Rgph. (2021). *Données socio-démographiques et économiques des localités de la région des lagunes*. Note à diffusion restreinte, Institut national des statistiques. Tome 1, Abidjan : 24.
34. Richard, F., Gabrielle, S., & Greta, T. (2018). *Des enjeux environnementaux à l'émergence d'un capital environnemental ?* Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement hors-série (29) : 102-109.
35. Rouibi, A., Saidi, F., Cheri, H. S., Boukhatem, N., & Boutoumi, H. (2012). *Bioaccumulation du plomb et ses effets sur la germination et certains paramètres moléculaires de la croissance chez triticum durum développé sur un milieu contrôlé*. Revue AgroBiologia. (2) : 75-78.
36. Silue, A. P., & Soro D. (2021). *Dynamique d'occupation du sol et diversité floristique de la forêt classée de la palé (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal. ESJ. 17(43) : 1-17.
37. Smouni, A., Ater, M., Auguy, F., Laplaze, L., El, M., Berhada, F., & Doumas, P. (2010). *Évaluation de la contamination par les éléments-traces métalliques dans une zone minière du Maroc oriental*. Cahiers Agricultures, 19 (4) : 273-279.
38. Taleb, M. (2021). *Apport dans le métabolisme du fer du modèle murin macrophage autophagie déficient & relations fer - inflammation*.

- Thèse de doctorat en Biochimie, Biologie Moléculaire de l'Université d'Orléans. 1-230.
39. Talhouët, A. (2020). *Stratégies d'acclimatation de deux plantes alpines, Soldanella alpina et Geum montanum, à deux points clefs de leur développement*. Thèse de doctorat en Biologie végétale de l'Université Paris-Saclay. 1-265.
  40. Tankari, D-B., Guéro, Y., Dan, L. N., Tidjani, A. D., & Echevarria, G. (2013). *Evaluation de la contamination des sols par les éléments traces métalliques dans les zones urbaines et périurbaines de la ville de Niamey (Niger)*. Revue des Bioressources. 3(2) : 82-95.
  41. Tapsoba, A. (2020). *Pauvreté, insécurité alimentaire et vulnérabilité des ménages agricoles dans un système d'irrigation à grande échelle : Le cas du périmètre irrigué de Bagré au Burkina Faso*. Thèse de doctorat. École doctorale n°581 Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES). Agro ParisTech. 1-350.
  42. Toulaïb, K. (2021). *Réseau d'interactions d'une communauté végétale constituée de plantes maraîchères et de plantes phytoremédiantes*. Thèse de Doctorat. Université Paris Est. Sciences de l'Univers et de l'Environnement. 1-226.
  43. Yehouenou, P. E., Azehoun, P. J., & Adamou, M. R. (2020). *Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin*. International Journal Biological and Chemical Sciences. 14 (5) : 1893-1901.
  44. Ye, L. (2020). *Caractérisation des déchets urbains solides utilisables en agricultures urbaine et périurbaine : cas de Bobo Dioulasso*. Rapport de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 1-48.