

Impact des décharges sauvages sur la qualité des cultures maraîchères dans le district d'Abidjan

Harding Charlemagne ASSY, Désiré Yapi Assoi YAPI et Ghislaine Chépo DAN*

Université Nangui Abrogoua (UNA), UFR des Sciences et Technologies des Aliments (UFR-STA), Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés (LBB), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

(Reçu le 21 Juin 2023 ; Accepté le 08 Août 2023)

* Correspondance, courriel : gisl78@yahoo.fr

Résumé

Dans le district d'Abidjan, les cultures maraîchères sont pratiquées à proximité des décharges sauvages qui polluent les sols par les métaux lourds. L'objectif de ce travail est d'évaluer la pollution par les métaux lourds des sols et des produits maraîchers (feuille de basilic, feuille d'oignon, laitue et manioc) dans quatre localités urbaines (Abobo Akeikoi village, Bingerville Bingerack city, Cocody M'pouto village, Port-Bouët 43^{ème} BIMA). Des échantillons de sols et produits maraîchers ont été minéralisés par attaque aux acides puis dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les résultats ont montré que les valeurs élevées dans le sol quel que soit le site étaient respectivement celles du fer avec une moyenne de 91,027 mg/Kg ; du zinc avec 60,617 mg/Kg et du chrome avec 44,309 mg/Kg. Alors qu'au niveau des maraîchers, le fer dans la laitue a dépassé la limite exigée 2 mg/Kg. In fine, la contamination alimentaire par les éléments traces métalliques n'est pas à négliger du fait de leurs effets cancérogènes sur la santé des populations alors une sensibilisation sur les risques encourus s'avère urgente.

Mots-clés : *produits maraîchers urbains, environnement, Eléments traces métalliques, index de pollution.*

Abstract

Impact of uncontrolled discharge on the quality of market garden products in the district of Abidjan

In the Abidjan district, market gardening is grown near illegal dumps which pollute the soil with heavy metals. The objective of this work is to evaluate heavy metal pollution of soils and market garden products (basil leaf, onion leaf, lettuce and cassava) in four urban localities (Abobo Akeikoi village, Bingerville Bingerack city, Cocody M'pouto village, Port-Bouët 43rd BIMA). Samples of soil and market garden products were mineralized by acid attack then measured by atomic absorption spectrophotometry. The results showed that the high values in the soil whatever the site were respectively those of iron with an average of 91.027 mg/Kg; zinc with 60.617 mg/Kg and chromium with 44.309 mg/Kg. While at the market gardener level, the iron in lettuce has exceeded the required limit of 2 mg/Kg. Ultimately, food contamination by trace metal elements should not be neglected due to their carcinogenic effects on the health of populations, so raising awareness of the risks involved is urgent.

Keywords : *urban market garden products, environment, trace metal elements, pollution index.*

1. Introduction

Dans la ville d'Abidjan, la population s'est considérablement accrue et compte plus de six millions d'habitants à ce jour [1, 2]. Les croissances urbaines et industrielles y sont en effet d'autant plus remarquables que l'accroissement démographique a été exceptionnel depuis les années 50. À cette brutale accélération du peuplement, correspondent des rythmes d'urbanisation et d'industrialisation beaucoup plus soutenue à Abidjan que dans les villes des Pays voisins [3]. Cet engorgement de la ville mène à plusieurs conséquences économiques, sociales, scolaires, culturelles, environnementales, alimentaires. Une des manifestations les plus visibles de la crise urbaine en Afrique et dans la ville d'Abidjan est la dégradation continuelle de l'environnement avec des ordures non collectées qui forment ainsi des décharges sauvages qui occupent les espaces privés et publics polluant le cadre de vie des riverains [4, 5]. Depuis de nombreuses années, les villes africaines, les institutions et les Etats comme en Côte d'Ivoire ont beaucoup de difficultés à trouver des solutions appropriées pour collecter, traiter ou éliminer convenablement les déchets des décharges sauvages en milieu urbain. Et ce, avec un tonnage de plus en plus croissant. En effet, une gestion partielle et inadéquate des déchets a des conséquences néfastes sur notre environnement (la pollution des sols, de l'eau et de l'air), et par ricochet sur les activités et la santé des usagers [6]. Certaines de ces activités sont pratiquées sur les sols pollués par ces décharges sauvages et parmi elles on distingue la culture maraîchère. Pratiquée par plus de quarante millions de personnes en Afrique [1, 7], la culture maraîchère domine largement les activités agricoles en milieux urbains en raison de sa grande contribution à l'amélioration des conditions de vie des populations [8].

En outre, compte tenu de son importante place dans la vie socio-économique [9], pour combler la demande massive des populations, la filière maraîchère entraîne une utilisation croissante de pesticides [10] parfois non homologués tels que le paraquat, l'endosulfan, l'atrazine [11]. De surcroît, les produits maraîchers sont cultivés à proximité des décharges sauvages qui libèrent des métaux lourds [12]. Les métaux lourds sont des micros éléments métalliques qui polluent (c'est-à-dire dont l'accumulation, au-delà d'un certain seuil dans le milieu, revêt un danger pour les organismes) [13]. 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 [14, 15]. L'ingestion par l'Homme des aliments contaminés par les métaux représente la cause de plusieurs troubles et maladies graves mettant ainsi en danger la santé de la population. C'est dans ce contexte que plusieurs études [16, 17] ont été réalisées dans le monde sur la présence des métaux lourds dans le sol et dans les produits végétaux. Si ailleurs les données sur la présence des métaux dans les aliments sont assez bien étayées, en Côte d'Ivoire, particulièrement dans le district d'Abidjan la question des métaux lourds dans les sols des décharges sauvages, en particulier dans les sols agricoles périurbains et les produits maraîchers cultivés à proximité des décharges sauvages reste toujours posée. Et pourtant, la plupart des produits maraîchers destinés à la consommation proviennent de ces sols. Ainsi, l'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation de la présence des métaux lourds dans les produits maraîchers et les sols agricoles soumis à l'épandage des décharges sauvages afin de mettre en exergue l'impact de ces décharges sauvages sur les cultures maraîchères.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

La présente étude s'est déroulée sur quatre (4) sites maraîchers dans le district d'Abidjan (Abobo akeikoi village, Bingerville Bingerack city, Cocody M'pouto village et Port-Bouët 43^{ème} BIMA). Le choix de ces localités a été fait selon les critères suivants : proximité aux grandes voies, facilité d'accès aux populations, importance des activités maraîchères, diversité de produits maraîchers sur les sites (ces quatre sites sont les seuls qui regroupent à la fois nos quatre produits maraîchers étudiés.) et décharges sauvages à proximité des sites [18].

2-2. Matériel

Des prélèvements de produits maraîchers et de sols sur nos différents sites identifiés dans le district d'Abidjan. Concernant les produits maraîchers, notre choix a porté sur la feuille de basilic, la feuille d'oignon, la laitue et un produit vivrier à savoir le manioc. Ces aliments sont les plus cultivés et les plus consommés de la zone.

2-3. Méthodes

Les échantillons de sols ont été prélevés au moyen d'une pelle et d'une houe. Les échantillons d'aliments ont été prélevés directement sur les parcelles de cultures prêtes pour la récolte. Tous ces échantillons ont été ensuite conservés dans des sachets alimentaires stériles et étiquetés puis acheminés avec précaution au laboratoire pour les analyses.

2-3-1. Préparation des échantillons pour les analyses

Au Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, les différents échantillons ont été étalés chacun sur un papier aluminium propre, débarrassés des matières étrangères et triés en fonction des zones à analyser (partie comestible du produit), ensuite lavés proprement avec de l'eau distillée. Une quantité de 500 g de chaque échantillon de produits maraîchers est séchée à l'étuve (MEMMERT) pendant 72 heures à 45 °C jusqu'à la dessiccation complète. Après la dessiccation, les échantillons de produits maraîchers ont été broyés puis réduits en poudre dans un mortier. Les différents broyats ont ensuite été tamisés sur un tamis de diamètre de maille inférieure à 63 µm. Cette fraction a été retenue pour l'étude en raison de son affinité avec les métaux lourds. Les échantillons réduits en poudre pour une bonne minéralisation sont conditionnés dans des flacons en verre étiquetés et hermétiquement fermés qui serviront aux différentes analyses.

2-3-2. Minéralisation et solubilisation des échantillons

La technique de minéralisation par voie humide [19] a permis une meilleure extraction des éléments minéraux selon la méthode. Une quantité de 0,5 g de matière végétale sèche (MVS) a réagi avec 6 mL d'acide nitrique (HNO₃) concentré dans un matras pendant une nuit, puis le mélange a été chauffé à une température de 150 °C durant 60 minutes. Ensuite, un volume de 2 mL d'acide perchlorique (HClO₄) à 70 % a été additionné à une température de 250 °C jusqu'à l'évaporation complète de l'acide. Dix (10) mL d'eau distillée ont été filtrés pour éliminer les particules en suspension, puis rincer avec l'eau distillée à chaque fois jusqu'au trait de jauge d'une fiole de 25 mL.

2-3-3. Dosage des métaux lourds par absorption atomique

Le dosage des métaux contenus dans les sols et les produits maraîchers s'est fait par la méthode de la spectrophotométrie d'absorption atomique. Ce dosage est réalisé à partir du filtrat obtenu. La lecture des absorbances des solutions étalon et des échantillons est effectuée à l'aide du spectrophotomètre d'absorption atomique de type SPECTRAA 220 VARIAN GTA 110. Ce dernier est connecté à un ordinateur qui affiche les résultats en ppm (mg.kg⁻¹). Pour doser chaque métal, on fait d'abord passer au spectrophotomètre les solutions étalons avant de faire passer le filtrat de chaque échantillon.

2-3-4. Index de pollution par les ETM des sols

L'index de pollution (IP) a été calculé afin de déterminer la toxicité des sols des différents sites de la zone. 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 [20]. 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 [21]. Ces valeurs-limites correspondent aux niveaux tolérables des concentrations en métaux dans le sol selon la norme AFNOR U44-41 [22]. L'IP a été déterminé selon la **Formule** mathématique suivante [21].

$$IP = \left[\left(\frac{Cu}{100} + \frac{Zn}{300} + \frac{Mn}{300} + \frac{Se}{10} + \frac{As}{25} + \frac{Pb}{100} + \frac{Cd}{2} + \frac{Cr}{150} + \frac{Ni}{50} + \frac{Co}{30} \right) / 10 \right] \quad (1)$$

Cu, Zn, Mn, Se, As, Pb, Cd, Cr, Ni, et Co étant les valeurs de concentrations des différents métaux dans le sol étudié. 100, 300, 300, 10, 25, 100, 2, 150, 50 et 30 étant les valeurs-limites connues selon la norme de ces différents métaux dans le sol. 10 étant la variable correspondant au nombre de métaux présents dans le sol étudié. IP étant l'index de pollution. IP > 1 correspond à un sol pollué par plusieurs métaux.

2-3-5. Analyse statistique

L'analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été réalisée sur les données obtenues pour montrer s'il existe une différence significative au seuil de 5 % d'après le test de Duncan. Cette analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Les échantillons portant la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Teneurs en métaux lourds dans les sols

Les résultats ont montré que les valeurs moyennes des concentrations des métaux lourds étaient fonction du site. Les valeurs les plus élevées dans le sol quel que soit le site ont été respectivement celles du fer avec une moyenne de 91,027 mg/kg ; du zinc 60,617 mg/kg et du chrome 44,309 mg/kg (**Tableau 1**). Les plus faibles concentrations ont donné pour l'aluminium 1,685 mg/kg et le cadmium 2,558 mg/kg. Les concentrations des métaux sont plus élevées dans le sol du site de Cocody. Tandis que les plus faibles valeurs des concentrations des métaux se retrouvent sur le site de Port-Bouët. Les métaux comme le zinc (60,617 mg/kg) et le chrome (44,309 mg/kg) ont des teneurs élevées dans les sols avec valeurs de concentrations limites de 300 mg/kg et 150 mg/kg respectivement. À l'opposé, les métaux comme le cadmium (2,558 mg/kg) et le sélénium (3,123 mg/kg) ont de faibles teneurs.

Tableau 1 : Concentrations en éléments traces métalliques (en mg/kg) des sols des sites d'études

Métaux lourds (mg/Kg)	Abobo	Bingerville	Cocody	Port-bouët	Valeurs limites* (mg/kg)
Fer	90,570 ± 0,050 ^b	92,270 ± 0,010 ^b	93,070 ± 0,079 ^c	88,200 ± 0,020 ^c	-
Cuivre	20,360 ± 0,030 ^b	20,083 ± 0,015 ^b	30,573 ± 0,015 ^a	10,006 ± 0,011 ^c	100
Zinc	60,130 ± 0,120 ^c	60,970 ± 0,250 ^e	70,440 ± 0,210 ^c	50,930 ± 0,210 ^b	300
Manganèse	7,500 ± 0,030 ^c	7,870 ± 0,060 ^c	8,170 ± 0,050 ^c	6,830 ± 0,060 ^b	300
Sélénium	2,350 ± 0,015 ^b	3,643 ± 0,037 ^b	5,086 ± 0,577 ^b	1,410 ± 0,026 ^b	10
Iode	-	-	-	-	-
Arsenic	5,360 ± 0,370 ^c	8,233 ± 0,152 ^c	8,633 ± 0,251 ^d	4,600 ± 0,100 ^e	25
Plomb	20,010 ± 0,010 ^e	20,316 ± 0,020 ^e	20,567 ± 0,025 ^e	10,503 ± 0,005 ^e	100
Cadmium	2,923 ± 0,010 ^d	2,253 ± 0,025 ^d	2,966 ± 0,015 ^e	2,090 ± 0,025 ^d	2
Chrome	44,520 ± 0,025 ^d	44,660 ± 0,010 ^d	45,036 ± 0,035 ^c	43,020 ± 0,026 ^d	150
Nickel	30,980 ± 0,015 ^d	40,490 ± 0,020 ^d	40,816 ± 0,020 ^d	30,343 ± 0,030 ^e	50
Cobalt	10,240 ± 0,030 ^b	10,300 ± 0,010 ^b	10,510 ± 0,010 ^b	10,137 ± 0,015 ^b	30
Aluminium	1,67 ± 0,011 ^a	1,856 ± 0,021 ^a	1,993 ± 0,04 ^a	1,223 ± 0,015 ^a	-

Les moyennes affectées de lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

*Valeurs limites des concentrations de métaux dans le sol selon la norme AFNOR U44-41 et FAO/OMS
- valeurs non déterminées

3-2. Index de pollution

Selon les résultats, les valeurs de l'index de pollution (IP) variaient d'un site à l'autre (**Tableau 2**). Le site avec l'IP le plus élevé est Cocody (0,457) suivie par ordre décroissant de celui de Bingerville (0,389), Abobo (0,379) et Port-bouët (0,299). Tous les sites de prélèvement ont eu des valeurs d'IP inférieures à 1. Les valeurs des concentrations des minéraux étudiés sur tous les sols de nos différents sites, étaient inférieures aux valeurs-limites admises par les normes de l'OMS et la norme française AFNOR U44-41 excepté le Cadmium dont l'IP moyen était de 1,278. Sur le site de Cocody, l'index de pollution du Cd a indiqué 1,483 suivi par Abobo, (1,461), Bingerville (1,126) et Port-bouët (1,045). Toutefois, le Nickel avait une moyenne d'IP (0,712) proche de 1 contrairement aux autres métaux.

Tableau 2 : Index de pollution (IP) par les ETM dans les sols des différents sites

IP métaux / Sites	Abobo	Bingerville	Cocody	Port-bouët
Fer	-	-	-	-
Cuivre	0,203	0,200	0,305	0,100
Zinc	0,200	0,200	0,234	0,169
Manganèse	0,025	0,026	0,027	0,022
Sélénium	0,235	0,364	0,508	0,141
Iode	-	-	-	-
Arsenic	0,214	0,329	0,345	0,184
Plomb	0,200	0,203	0,205	0,105
Cadmium	1,461	1,126	1,483	1,045
Chrome	0,296	0,297	0,300	0,286
Nickel	0,619	0,809	0,816	0,606
Cobalt	0,341	0,343	0,350	0,337
Aluminium	-	-	-	-
IP du site	0,379	0,389	0,457	0,299

Les moyennes affectées de lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

- valeurs non déterminées

3-2-1. Index de pollution en fonction de la proximité décharge-culture

Il ressort des résultats obtenus que l'IP le plus élevé a été celui du site de Cocody (0,457 mg/kg) comparativement à Bingerville (0,389 mg/kg), Abobo (0,379 mg/kg) et Port-Bouët (0,299 mg/kg) (**Tableau 3**). Par ordre croissant, le site qui possédait la décharge sauvage la plus proche de ses cultures maraîchères était le site de Cocody (5 m), Bingerville (7 m), Abobo (10 m) et Port-Bouët (15 m). Plus la valeur de la proximité décharge-culture est faible plus l'IP est élevé.

Tableau 3 : Proximité des décharges sauvages et des sols des sites maraîchers en mètre (m)

IP / Sites	Abobo	Bingerville	Cocody	Port-Bouët
IP Total (mg /Kg)	0,379	0,389	0,457	0,299
Proximité (m)	10	7	5	15

IP : Index de pollution

3-3. Teneur en métaux lourds dans les produits maraîchers des sites d'étude

Dans le basilic et la laitue, les concentrations en fer ont dépassé largement les valeurs de concentrations limites excepté les feuilles d'oignon et le manioc (**Tableaux 4 et 5**). De plus, il n'avait pas de cuivre dans les feuilles d'oignon sur tous les sites sauf à Abobo ($3,030 \pm 0,036^c$ mg/kg). L'iode n'a été détecté qu'en très fines quantités (0,001 mg/kg) et uniquement dans la laitue.

Tableau 4 : Concentrations en éléments traces métalliques (en mg/kg) dans les cultures maraîchères (Abobo et Bingerville)

Sites	Abobo				Bingerville				Valeurs Limites (mg/kg)
	Feuille de Basilic (mg/kg)	Feuille d'oignon (mg/kg)	Laitue (mg/kg)	Manioc (mg/kg)	Feuille de Basilic (mg/kg)	Feuille d'oignon (mg/kg)	Laitue (mg/kg)	Manioc (mg/kg)	
Fer	9,560 ± 0,250 ^b	0,220 ± 0,020 ^a	10,500 ± 0,020 ^c	0,030 ± 0,010 ^a	11,266 ± 0,152 ^b	0,310 ± 0,010 ^a	9,720 ± 0,010 ^c	0,036 ± 0,005 ^a	2
Cuivre	2,160 ± 0,200 ^a	3,030 ± 0,036 ^c	10,160 ± 0,025 ^e	6,070 ± 0,020 ^d	2,033 ± 0,152 ^a	1,530 ± 0,030 ^c	8,326 ± 0,015 ^d	5,253 ± 0,020 ^e	3
Zinc	6,130 ± 0,110 ^c	0,160 ± 0,015 ^a	8,430 ± 0,023 ^d	0,350 ± 0,015 ^b	6,966 ± 0,251 ^c	0,223 ± 0,025 ^a	9,123 ± 0,025 ^d	0,560 ± 0,026 ^b	5
Manganèse	7,500 ± 0,300 ^c	0,130 ± 0,001 ^a	3,490 ± 0,025 ^d	0,430 ± 0,026 ^b	7,866 ± 0,057 ^c	0,147 ± 0,002 ^a	2,290 ± 0,010 ^d	0,860 ± 0,017 ^b	-
Sélénium	0,014 ± 0,000 ^a	0,010 ± 0,000 ^a	0,004 ± 0,000 ^a	3,090 ± 0,025 ^c	0,006 ± 0,002 ^a	0,005 ± 0,001 ^a	0,005 ± 0,000 ^a	2,416 ± 0,020	2
Iode	-	-	0,001 ± 0,000 ^a	-	-	-	0,001 ± 0,000 ^a	-	-
Arsenic	0,300 ± 0,100 ^a	0,760 ± 0,152 ^b	0,003 ± 0,000 ^a	0,300 ± 0,100 ^a	0,260 ± 0,010 ^a	0,560 ± 0,020 ^b	0,002 ± 0,000 ^a	0,470 ± 0,010 ^a	2

Plomb	0,600 ± 0,020 ^b	0,100 ± 0,025 ^a	1,550 ± 0,032 ^d	1,320 ± 0,020 ^c	0,703 ± 0,005 ^b	0,143 ± 0,030 ^a	1,376 ± 0,032 ^d	0,730 ± 0,017 ^c	0.3
Cadmium	0,410 ± 0,015 ^c	0,063 ± 0,015 ^a	0,310 ± 0,020 ^b	0,410 ± 0,023 ^c	0,363 ± 0,030 ^c	0,113 ± 0,015 ^a	0,413 ± 0,011 ^b	0,270 ± 0,026 ^c	0.2
Chrome	0,860 ± 0,015 ^a	3,080 ± 0,015 ^e	1,220 ± 0,025 ^c	1,026 ± 0,030 ^b	1,013 ± 0,032 ^a	4,106 ± 0,015 ^e	1,030 ± 0,026 ^c	0,826 ± 0,025 ^b	-
Nickel	0,300 ± 0,010 ^{bc}	0,026 ± 0,011 ^a	0,330 ± 0,300 ^c	0,290 ± 0,020 ^b	0,323 ± 0,005 ^b	0,003 ± 0,005 ^a	0,133 ± 0,015 ^c	0,210 ± 0,017 ^{bc}	0.2
Cobalt	0,007 ± 0,001 ^a	0,001 ± 0,000 ^a	5,560 ± 0,150 ^c	0,910 ± 0,026 ^d	0,013 ± 0,005 ^a	0,023 ± 0,005 ^a	9,533 ± 0,208 ^c	0,913 ± 0,023 ^d	-
Aluminium	-	-	-	0,450 ± 0,051 ^b	-	-	-	0,326 ± 0,025 ^b	-

Les moyennes affectées de lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

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

Tableau 5 : Concentrations en éléments traces métalliques (en mg/kg) dans les cultures maraîchères (Cocody et Port-Bouët)

Sites	Cocody				Port-bouët				Valeurs limites* (mg/kg)
	Feuille de Basilic (mg/kg)	Feuille d'oignon (mg/kg)	Laitue (mg/kg)	Manioc (mg/kg)	Feuille de Basilic (mg/kg)	Feuille d'oignon (mg/kg)	Laitue (mg/kg)	Manioc (mg/kg)	
Fer	12,100 ± 0,100 ^c	0,290 ± 0,020 ^b	11,136 ± 0,035 ^d	0,040 ± 0,017 ^a	8,200 ± 0,100 ^c	0,203 ± 0,005 ^b	11,043 ± 0,025 ^d	0,006 ± 0,005 ^a	2
Cuivre	2,033 ± 0,057 ^b	2,416 ± 0,020 ^c	9,923 ± 0,023 ^e	6,330 ± 0,036 ^d	1,766 ± 0,057 ^b	0,360 ± 0,017 ^a	7,036 ± 0,015 ^e	4,190 ± 0,020 ^d	3
Zinc	7,233 ± 0,208 ^c	0,190 ± 0,010 ^a	10,013 ± 0,015 ^d	0,500 ± 0,043 ^b	5,933 ± 0,208 ^b	0,126 ± 0,025 ^a	8,243 ± 0,020 ^c	0,283 ± 0,015 ^a	5
Manganèse	8,166 ± 0,152 ^c	0,139 ± 0,000 ^a	8,140 ± 0,030 ^d	0,546 ± 0,045 ^b	6,833 ± 0,057 ^b	0,125 ± 0,004 ^a	5,263 ± 0,030 ^c	0,170 ± 0,030 ^a	-
Sélénium	0,030 ± 0,001 ^a	0,023 ± 0,003 ^a	0,005 ± 0,000 ^a	4,823 ± 0,030	0,001 ± 0,000 ^a	0,001 ± 0,000 ^a	0,005 ± 0,000 ^a	1,960 ± 0,045	2
Iode	-	-	0,001 ± 0,000 ^a	-	-	-	0,002 ± 0,000 ^a	-	-
Arsenic	1,260 ± 0,026 ^b	1,166 ± 0,025 ^b	0,003 ± 0,000 ^a	2,400 ± 0,360 ^c	1,700 ± 0,100 ^c	0,400 ± 0,200 ^b	0,003 ± 0,000 ^a	2,700 ± 0,100 ^d	2
Plomb	0,756 ± 0,005 ^b	0,290 ± 0,017 ^a	2,013 ± 0,032 ^d	1,800 ± 0,026 ^c	0,320 ± 0,020 ^b	0,080 ± 0,010 ^a	0,976 ± 0,030 ^d	0,423 ± 0,015 ^c	0.3

Cadmium	0,430 ± 0,036 ^b	0,173 ± 0,025 ^a	0,583 ± 0,035 ^c	0,693 ± 0,020 ^d	0,076 ± 0,030 ^b	0,033 ± 0,015 ^a	0,203 ± 0,015 ^c	0,180 ± 0,010 ^c	0.2
Chrome	1,520 ± 0,020 ^b	5,013 ± 0,015 ^d	3,006 ± 0,011 ^c	1,226 ± 0,025 ^a	0,220 ± 0,017 ^a	2,173 ± 0,030 ^e	0,426 ± 0,015 ^b	0,546 ± 0,020 ^c	-
Nickel	0,360 ± 0,000 ^b	0,060 ± 0,043 ^a	0,983 ± 0,015 ^c	0,390 ± 0,010 ^b	0,250 ± 0,010 ^d	0,030 ± 0,010 ^a	0,080 ± 0,010 ^b	0,153 ± 0,025 ^c	0.2
Cobalt	0,083 ± 0,001	0,003 ± 0,001 ^a	12,666 ± 0,208 ^c	1,120 ± 0,026 ^d	0,002 ± 0,001	0,001 ± 0,000 ^a	5,200 ± 0,100 ^c	0,810 ± 0,017 ^d	-
Aluminium	-	-	-	0,593 ± 0,025 ^b	-	-	-	0,313 ± 0,023 ^b	-

Les moyennes affectées de lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan suivant le paramètre étudié.

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

4. Discussion

4-1. Teneurs en métaux lourds dans les sols

Les teneurs en éléments traces métalliques des sols ont varié en fonction des sites de prélèvement. À défaut de normes nationales sur les teneurs en éléments traces métalliques dans le sol ivoirien, les valeurs des concentrations obtenues ont été comparées aux valeurs-limites des normes édictées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour des raisons de santé publique [23, 24]. Les valeurs de cadmium dans les sols des sites étudiés (2,558 mg/kg en moyenne) étaient supérieures à la norme (2 mg/kg). Cette observation est en accord de travaux de nombreux auteurs [16, 25] qui ont montré des concentrations élevées des sols en cadmium au sud du Togo et en Côte d'Ivoire. Concernant ce minéral, notre étude a montré que Cocody est la commune la plus polluée en Cadmium (2,966 mg/kg). D'autres recherches sur le cadmium ont confirmé que les sols de Cocody (3 mg/kg) et de Marcory (0,8 mg/kg) étaient pollués [25]. Toutefois, le niveau de contamination entre 2017 et 2020 a légèrement baissé vu que certaines décharges sauvages de la ville ont été délocalisées. A ce jour, la prolifération des décharges sauvages dans le district a repris de plus belle.

4-2. Index de pollution

Le cadmium (1,278) avait un index de pollution moyen supérieur à 1. Les faibles index de pollution des autres éléments traces métalliques pourraient s'expliquer par leurs faibles fixations aux sols. Les autres métaux lourds tels que le Fe, le Zn, le Ni, le Cr étaient proches de leurs valeurs limites. Plusieurs auteurs ont montré que les concentrations en ETM des sols varient en fonction de l'élément métallique, des sites de prélèvement, et des sources de contamination comme les décharges sauvages, les produits fertilisants, les produits phytosanitaires et les retombées atmosphériques [26 - 28]. De même, la forte proportion de matières ferreuses proviendrait des ordures ménagères utilisées comme compost (aiguilles, boîtes de conserve, etc.), et la présence des piles et batteries usagées, trouvées dans les décharges sauvages suite à l'absence de tri à la base. Ces constats sont similaires à ceux des concentrations en Fe, Zn, Ni, Cu, Pb sur le site de Houéyiho au Bénin issues des décharges sauvages [9].

4-3. Teneur en métaux dans les produits maraîchers

L'analyse des produits maraîchers aux abords des décharges d'ordures a indiqué de fortes teneurs en métaux lourds. La classification des teneurs en métaux par ordre d'importance a varié selon les produits maraîchers. Les plantes à croissance rapide comme les légumes à feuilles sont connues pour leur aptitude à accumuler des métaux lourds [29]. Les taux de métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni et Se) obtenus dans ces produits maraîchers dépassent largement les teneurs de concentrations maximales destinées à l'alimentation. Dans les laitues et les feuilles de basilic, les concentrations en métaux lourds ont été supérieures par rapport aux autres. Les travaux de [30] sur les éléments traces métalliques de la laitue et du chou dans la vallée de Gounti au Niger ont démontré que la laitue était la plus exposée. En revanche, le manioc et les feuilles d'oignon, les proportions des mêmes métaux ont diminué. Cela corrobore les données obtenues des éléments traces métalliques dans le sol et dans les cultures maraîchères du site de Houéyiho au Bénin [17].

4-4. Index de pollution en fonction de la proximité des décharges-culture

Les métaux lourds ont été détectés dans les sols sur lesquels sont cultivés les produits maraîchers. Cependant, le taux du transfert des métaux lourds du sol vers le produit varie en fonction de la plante et du site. Les concentrations minimales en métaux dans les sols et par conséquent dans les produits maraîchers se trouvent sur le site de Port-Bouët avec les plus faibles index de pollution, car la décharge sauvage sur ce site est la plus éloignée de tous les sites. Les travaux de recherche sur les sédiments marins au Togo, à partir du point de déversement des déchets phosphatés dans la mer à Goumoukopé (exutoire des déchets) ont abordé dans le même sens comme quoi les concentrations en métaux lourds diminuaient de la côte vers le large et aussi au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source de pollution [31]. Des résultats similaires sur le maïs *Zea mays* cultivé dans la même zone de traitement des phosphates de Kpémé au Togo ont stipulé que le degré de pollution des localités diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source de pollution [16]. Ainsi, le site de Port-Bouët dont la décharge sauvage est éloignée des cultures maraîchères était moins affecté par la pollution. En effet, cette assertion s'expliquerait par la bioaccumulation des métaux lourds dans les produits maraîchers à partir des quantités présentes dans le sol [32].

5. Conclusion

Cette étude a permis de réaliser une évaluation de la présence des métaux lourds dans les sols et les produits maraîchers soumis à l'épandage des décharges sauvages sur les sites d'Abobo, Bingerville, Cocody et Port-Bouët dans le district d'Abidjan. Les résultats obtenus ont indiqué que tous les sites étudiés ont été pollués en cadmium et que la laitue était la plus exposée. Les métaux lourds, même à des concentrations acceptables dans l'organisme, représentent un danger pour le consommateur. C'est pourquoi, la prise de certaines précautions afin d'empêcher la prolifération et la création de décharges sauvages, proches des cultures maraîchères s'avèrent nécessaire. Des programmes de contrôle des cultures dans les décharges d'ordures et des mesures sanitaires des populations exposées devraient être élaborés.

Références

- [1] - C. Y. KOFFIE-BIKPO, "Agriculture commerciale à Abidjan : Cas des cultures maraîchères", (2014) 141 - 149 p.
- [2] - RGPB, "Recensement général de la population ivoirienne, Institut National de Statistique de Côte d'Ivoire", (2021)
- [3] - A. J. KOUTOUA, F. TIONA, A. J. N'GUESSAN, D. AKOU et A. M. KOUADIO, "Planification urbaine et développement du grand Abidjan : cas des villes d'Anyama, de Bingerville et de Grand-Bassam", Thèse de doctorat en géographie, Université Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, (2019) 354 p.
- [4] - J. POSSILETYA, V. KOUAME, C. DOUKOURE et D. YAPI, 'Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire)', *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 19, N°1 (2019) 17 - 24 p.
- [5] - M. BAGALWA, K. KARUME, N. G. MUSHAGALUSA, K. NDEGEYI, M. BIRALI, N. ZIRIRANE, Z. MASHEKA et C. BAYONGWA, "Risques potentiels des déchets domestiques sur la santé des populations en milieu rural : cas d'Irhambi Katana (Sud-Kivu, République Démocratique du Congo)", *VertigO, Revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 13, N°2 (2013) 10 - 24 p.
- [6] - H-M. OBE et A. BROU, "Impacts de la Décharge Publique d'Akouédo sur le Cadre de Vie et la Santé de la Population Riveraine", *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°12 (2019) 1 - 20 p.
- [7] - K. LAOUALI, A. SANI et M. KONATE, "Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des Iullemmeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées", *European Scientific Journal, ESJ*, Vol.17, N°29 (2021) 188 - 207 p.
- [8] - FAO, "Pour des villes plus vertes en Afrique. Premier rapport d'étape sur l'horticulture urbaine et péri-urbaine", Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, (2012) 1 - 116 p.
- [9] - V. AGUEH, C. C. DEGBEY, C. SOSSA-JEROME, D. ADOMAHOU, M. N. PARAISSO, S. VISSOH, M. MAKOUTODE et B. FAYOMI, "Niveau de contamination des produits maraîchers par les substances toxiques sur le site de Houéyihou au Bénin", *International Journal of Biological and Chemical Science*, Vol. 9, N°1 (2015) 542 - 551 p.
- [10] - R. A. HOUNGNIHIN, P. GBEGAN et D. DOUDOU, "Au-delà de l'État. La vie sociale des pesticides dans le secteur maraîcher au Bénin", *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 21, N°3 (2021) 1 - 20 p.
- [11] - S. K. AKPO, L. S. COULIBALY, L. COULIBALY et I. SAVANE, "Evolution temporelle de l'utilisation des pesticides en agriculture tropicale dans le bassin versant de la maraoué (Côte d'Ivoire)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 14, N°1 (2016) 121 - 131 p.
- [12] - M. MBODJI, "Etude des impacts environnementaux et sanitaires des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) au Sénégal : cas de la ville de Dakar", *Thèse de doctorat. Chimie analytique, Université de Lyon, Université Cheikh Anta Diop (Dakar)*, (2021) 1 - 170 p.
- [13] - H. OTMANI, "Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates. Annaba (Algérie)", *Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Algérie*, (2017) 1 - 159 p.
- [14] - F. BEED, M. TAGUCHI, B. TELEMANS, R. KAHANE et F. LE BELLEC, "Fruits et légumes - Opportunités et défis pour la durabilité des petites exploitations agricoles.", Rome, Rapport de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), (2021) 1- 21 p.
- [15] - E. DUCHEMIN, "Concentrations de plomb et de HAP mesurées dans les légumes de certains jardins communautaires de Montréal", (2011) 1 - 17 p.

- [16] - A. A. ADUAYI-AKUE, K. GRANDI, "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 Sciences*, Vol. 8, N°5 (2014) 2347 - 2355 p.
- [17] - A. P. E. YEHOUENOU, P. J. AZEHOUN, M. R. ADAMOU, "Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin" *International Journal Biological and Chemical Science*, Vol. 14, N°5 (2020) 1893 - 1901 p.
- [18] - A. V. BOSSO, N. A. SIKA, K. E. KWADJO et K. P. POKOU, "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*, N°5 (2020) 41 - 50 p.
- [19] - AOAC, "Official Methods of Analysis, 15ème édition. Association of Official Analytical Chemists" *Washington DC*, (1990) 774
- [20] - A. SMOUNI, M. ATER, F. AUGUY, L. LAPLAZE, M. EL MZIBRI, F. BERTHADA et P. DOUMAS, "Évaluation de la contamination par les éléments-traces métalliques dans une zone minière du Maroc oriental", *Cahiers Agricultures*, Vol. 19, N°4 (2010) 273 - 279 p.
- [21] - Y. LAMBIENOU, D. LOMPO, A. SAKO et H. NACRO, "Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques des sols soumis à l'apport des déchets urbains solides", *International Journal of Biological and Chemical Science*, Vol. 14, N°9 (2020) 3361 - 3371 p.
- [22] - D. BAIZE, "Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français", *Premiers résultats du programme ASPITET, Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 22 (1994) 31 - 46 p.
- [23] - FAO/OMS, "Evaluation de l'Hg, du Pb, du Cd et de quelques additifs alimentaires", *Rapport d'un groupe mixte d'étude N° 04*, Genève, (1974) 7 p.
- [24] - OMS, "Guidelines for Food and Drink Water Quality", 3rd édition, *Chemical Fact Sheets, Geneva, Swiss*; (2004) 460 p.
- [25] - D. VANDJIGUIBA, A. ADON, M. DOSSO et A. YAPO, " Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire : Pollution environnementale et risque sanitaire", *Hal Open science. Publication, Université Felix Houphouët Boigny de Côte d'Ivoire, Institut pasteur de Cote d'Ivoire*, (2017) 1 - 11
- [26] - O. OUIZA, 'Impact des décharges à ciel ouvert sur la qualité environnementale de l'Oued Cheliff (Algérie)", Thèse de doctorat, Université de Perpignan France, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem Algérie, (2018) 1 - 193
- [27] - N. L. EKENGLE, S. S. MABREY, Z. P. ZO'O, "Evaluation de la contamination métallique des sols exposés à l'incinération des pneus d'automobiles dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun)", *Journal Material and Environmental Science*, Vol. 7, N°12 (2016) 4633 - 4645
- [28] - N. R. HODOMIHOU, F. FEDER, D. MASSE, K. E. AGBOSSOU, G. L. AMADJI, Y. NDOUR-BADIANE, E. DOELSCH, 'Diagnostic de contamination des agrosystèmes périurbains de Dakar par les éléments traces métalliques", *Biotechnology of Agronomic Social and Environment*, 20 (3) (2016) 1 - 11
- [29] - K. TOULAÏB, "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, (2021) 1 - 226 p.
- [30] - D. A. TANKARI, Y. GUÉRO, L. N. DAN, A. D. TIDJANI, J. M. K. AMBOUTA, C. FEIDT, T. STERCKEMAN et G. ECHEVARRIA, "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 Bio Ressources*, Vol. 3, N°2 (2013) 82 - 95 p.
- [31] - K. GNANDI, "Cadmium et autres polluants inorganiques dans les sols et les sédiments de la région côtière du Togo : une étude géochimique", *Thèse de doctorat, Université Friedrich Alexandre d'Erlangen Nuremberg, République Fédérale d'Allemagne*, (1998) 103 - 133
- [32] - K. KARA, "Pollution des sols et agrosystèmes", *Thèse de doctorat, Université Mentouri de Constantine (Algerie)*, (2020) 1 - 13 p.