

EVALUATION DES METAUX TRACES, PESTICIDES ET PLASTIFIANTS DANS LES PRODUITS MARAICHERS (GOMBO, CORETE POTAGERE, EPINARD ET AUBERGINE) DANS LA VALLEE DU NIEKI, SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE

Toure Nantarie
Kouadio Koffi Patrice
Yoboue Kouadio Emile
Yao-Kouame Albert

UFR STRM, Département des Sciences du Sol, Université Félix Houphouët-
Boigny de Cocody. Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

A grade assessment study of metal trace metals (Cu, Zn, Cd and Pb), pesticides and plasticizers in market garden crops (*Abelmoschus sp*, *Corchorus tridens*, *Basela alba*, *Solanum aethiopicum*) was performed in Niéki Valley in South-East of Côte d'Ivoire.

This study found that trace metals found in the leaves and fruits grown on the different sampling sites are copper (Cu), Zinc (Zn), cadmium (Cd) and Lead (Pb). The Cu was accumulated in the leaves and the fruits. The Cu was accumulated in both the leaves and the fruits. The Cu concentrations in different plants far exceeded the levels recommended by the FAO (1 mg.kg⁻¹). The Pb concentrations in different plants were between 106 and 109 mg.kg⁻¹ on all sites, far exceeding the thresholds set by the FAO (0.1 mg.kg⁻¹ of fresh material). Analyses of various plants showed that most elements are found pesticide family Pyrethroids (Bifenthrin, Deltamethrin and cyhalothrin) and a plasticizer of the phthalate family (1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis (2-ethylhexyl) ester).

Doses of Bifenthrin determined in plants exceeded the acceptable daily intake (ADI) or (0.015 mg.kg⁻¹), except in the case of *Abelmoschus sp* where these levels remain below the acceptable daily intake.

Keywords: Metallic trace metals, Garden produce, Pesticides, Plasticizers, Niéki Valley, Côte d'Ivoire

Resume

Une étude d'évaluation des teneurs en métaux traces métalliques (Cu, Zn, Cd et Pb), pesticides et plastifiants dans les produits maraichers (gombo, corète potagère, épinard et aubergine) a été réalisée dans la vallée du Niéki au Sud-Est de la Côte d'Ivoire.

Cette étude a révélé que les métaux traces retrouvés dans les feuilles et fruits des espèces cultivées sur les différents sites de prélèvements sont le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Cadmium (Cd) et le Plomb (Pb). Le Cu s'est accumulé à la fois dans les feuilles et dans les fruits. Les teneurs en Cu dans les différents végétaux ont dépassé largement les seuils recommandés par la FAO (1 mg.kg⁻¹). Les teneurs du Pb dans les différents végétaux se sont situées entre 106 et 109 mg.kg⁻¹ sur tous les trois sites, dépassant largement les seuils indiqués par la FAO (0,1 mg.kg⁻¹ de matière fraîche). Les analyses des différents végétaux ont montré que la plupart des éléments retrouvés sont des pesticides de la famille des pyrethroïdes (Bifenthrine, Deltamethrine et Cyhalotrine) et un plastifiant de la famille des phtalates (1,2-Benzènedicarboxylicacid, bis (2-ethylhexyl) ester).

Les doses de Bifenthrine déterminées dans les plantes ont dépassé la dose journalière admissible (DJA), soit (0,015 mg.kg⁻¹), sauf dans le gombo où ces teneurs sont restés en dessous de la dose journalière admissible.

Mots-clés : Métaux traces métalliques, Produits maraichers, Pesticides, Plastifiants, Vallée du Niéki, Côte d'Ivoire

Introduction

L'agriculture est l'une des activités nécessaires pour assurer la sécurité alimentaire des populations, et procurer, à certaines d'entre elles, des ressources financières. En Afrique, le maraîchage est devenu comme une solution aux problèmes d'approvisionnement en légumes des populations aux alentours des grandes villes. Aujourd'hui, cette activité fait l'objet de nombreuses contraintes, dont l'une des plus importantes est constituée par des attaques d'insectes et de pathologies, amenant ainsi les maraîchers à utiliser de façon anarchique et abusive des pesticides chimiques en vue de limiter les dégâts. Cette pratique n'est pas sans danger, car, ces maraîchers qui manipulent ces produits délicats, constituent une main-d'œuvre, peu ou pas qualifiée (Madjoumaet *al.*, 2009).

La pression foncière constitue aussi une autre contrainte importante de cette activité avec pour conséquence la surexploitation des terres. Pour améliorer les rendements, les agriculteurs qui pratiquent ces cultures dans la vallée du Niéki, utilisent des fertilisants minéraux et organiques ainsi que des pesticides chimiques pour les cultures maraichères (Epinard, gombo, corète

potagère et aubergine). Les produits agrochimiques utilisés dans le cadre des exploitations agricoles sont incriminés dans la dégradation de la qualité des sols et des eaux, tant superficielles que souterraines, notamment au niveau des sols où se pratiquent les cultures maraîchères (Traoré *et al.*, 2003).

En l'absence de mécanisme adéquat de contrôle, l'utilisation des produits agrochimiques est rarement conforme aux normes sanitaires et environnementales (Traoré *et al.*, 2006). Les conséquences sur l'environnement en général, sur la qualité du sol et sur la qualité des végétaux cultivés en particulier, sont considérables, car ces pratiques agricoles sont susceptibles d'entraîner une accumulation d'éléments traces métalliques dans les végétaux et dans les couches superficielles du sol, riches en matière organique (Vogel *et al.*, 2008).

Cette étude a pour objectif d'évaluer les teneurs en métaux traces métalliques (Cu, Zn, Cd et Pb), les pesticides et plastifiants dans les produits maraichers (gombo, corète potagère et épinard) dans la vallée du Niéki, Sud-Est de la Côte d'Ivoire.

Description de la zone d'étude

Localisation

Située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, la zone d'étude (vallée du Niéki) s'inscrit dans un sous bassin versant d'une superficie d'environ 2,5 km², délimitée par les coordonnées N 5°25'48 et N 5°18'36 et W 4°17'24 et W 4°13'48 (Figure 1). Les différents sites d'étude se situent sous un climat de type tropical humide, caractérisé par l'existence de deux (02) saisons pluvieuses et deux (02) saisons sèches, réparties comme suit :

- une grande saison sèche, de décembre à mars ;
- une grande saison des pluies, d'avril à mi-juillet ;
- une petite saison sèche, de mi-juillet à mi-septembre ;
- une petite saison des pluies, de mi-septembre à novembre.

Les pluviométries, pour le premier trimestre 2010, ont varié de 0,5 à 1,2 mm de pluie, avec une température moyenne de 28,3 °C.

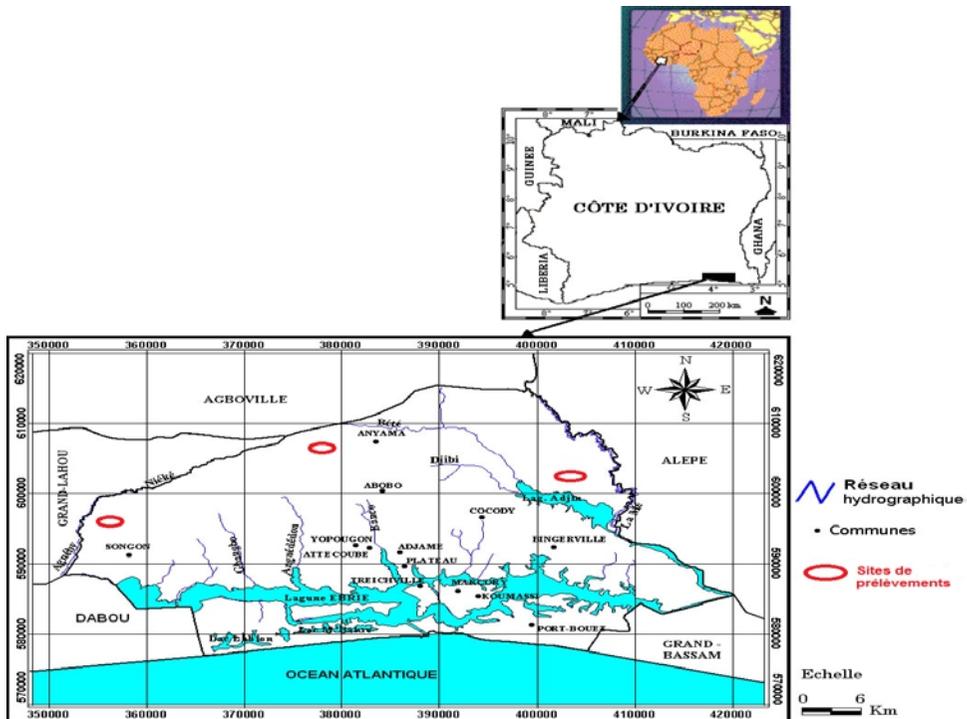


Figure 1 : Localisation des différents sites d'étude

Végétation

Le paysage est fait essentiellement de recrûs forestiers et de plantes cultivées. Il y a aussi la forêt classée de YAPO-ABBE, située au Nord, entre la sous-préfecture d'Azaguié et celle d'Agboville. Concernant la végétation cultivée, on rencontre par endroits, le long du transect (Azaguié-Attinguié-Dabou), des plantations de banane douce, banane plantain, d'ananas, de caféiers, de cacaoyers, de palmier à huile et d'hévéa. Les cultures vivrières (manioc, maïs, ignames, etc.) et maraîchères (tomate, chou, carotte, aubergine...) y sont également pratiquées.

Réseau hydrographique

En plus de la pluviosité, la zone est arrosée par de nombreux cours d'eau qui tarissent en saison sèche. Les plus importants sont : le Séddy, le Bébasso, l'Abbè, la Mé et le Flofio à Azaguié, et l'Agnéby à Attinguié et Dabou. On y trouve également, à Dabou, la lagune ébrié (Anonyme, 1995).

Formations géologiques

La roche-mère est un schiste birimien, de type arkosique ou parfois un schiste argileux bariolé, riche en silice (Anonyme, 1995). Le relief de la zone est assez irrégulier, avec des coteaux et des vallons. Les plaines et les

plateaux y sont rares ; par contre, on rencontre beaucoup de bas-fonds (Anonyme, 1995).

Formations pédologiques

Les sols de la zone d'étude appartiennent à la classe des sols ferrallitiques (Ferralsols). Ce type de sol est caractérisé par sa grande profondeur, par sa couleur rouge, par sa perméabilité et par la présence de gravillons. La teneur moyenne en matière organique est de l'ordre de 1,7 à 2,5 g.Kg⁻¹; le pH est acide à faiblement acide: 4,1 à 6,2. Les sols des bas-fonds sont dominés par les tourbes (sols tourbeux) au niveau de Dabou et de Attinguié (Anonyme, 1995).

Materiel et methodes

Materiel

Matériel biologique

L'étude a porté sur les plantes de gombo (*Abelmoschus sp*), de corète potagère ou Klouala (*Corchorus tridens*), d'épinard (*Basela alba*) et d'aubergine (*Solanum aethiopicum*). Ce choix a été guidé par le fait que ces légumes figurent parmi les plus cultivées sur les sites sélectionnés (**Figures 2, 3, 4 et 5**).

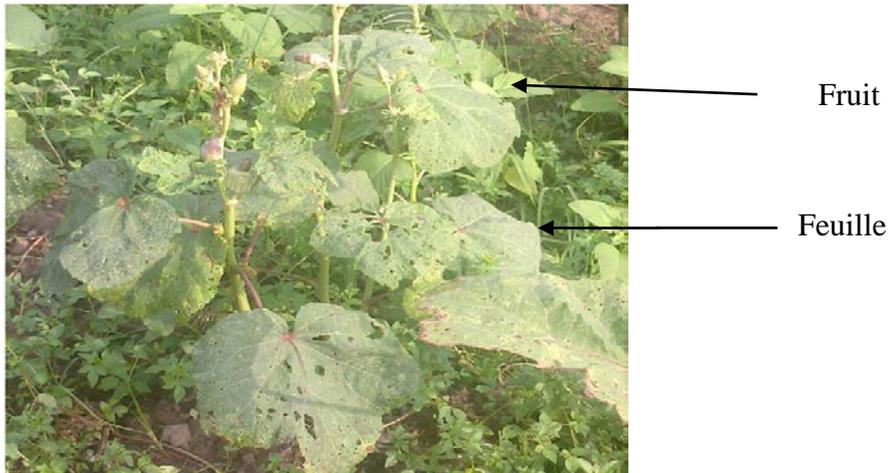


Figure 2 : Plante de gombo (*Abelmoschus sp*) sur le site de Azaguié



Figure 3: Plante de corète potagère (*Corchoruus tridens*) sur le site de Attingué



Figure 4 : Plantes d'épinard (*Basela alba*) sur le site de Dabou

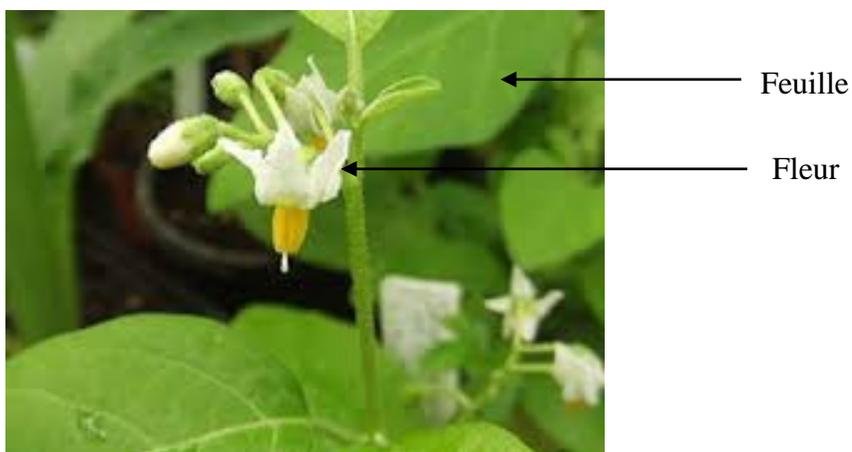


Figure 5 : Plantes d'aubergine (*Solanum aethiopicum*) sur le site de Dabou

Methodes

Préparation d'échantillon végétal

500 mg de matériel végétal préalablement séché, sont introduits dans une capsule en platine. La capsule est placée dans un four dont la température est augmentée progressivement jusqu'à 500°C et qui est ainsi maintenue pendant 2 heures. Un pallier est effectué aux alentours de 200°C jusqu'à la fin du dégagement de fumées. Après refroidissement, les cendres sont humectées avec quelques gouttes d'eau distillée puis 2ml de HCl au ½ y sont ajoutés. La solution est évaporée à sec sur plaque chauffante. Après avoir ajouté 2ml de HCl au ½, la solution est laissée pendant 10 minutes, puis filtrée dans des fioles jaugées de 50ml. Le filtre contenant le résidu est alors calciné à 500°C. De l'acide fluorhydrique est ajouté aux cendres puis évaporé sur plaque chauffante. La silice contenue dans les cendres est volatilisée sous forme de SiF₆. Le résidu est repris par 1ml de HCl au ½ puis filtré dans la même fiole de 50ml. Après avoir ajusté au trait de jauge puis homogénéisé par agitation manuelle, les solutions sont transvasées dans des godets préalablement rincés avec la solution et sur lesquels le numéro de l'échantillon est inscrit. Les solutions sont ensuite analysées par la technique appropriée (ICP-AES). Il faut également noter qu'une prise d'essai supérieure (jusqu'à 3g) peut être utilisée dans le cas de matrices pauvres ou pour la détermination d'éléments à l'état de traces.

Détermination des résidus pesticides

Pour les analyses de résidus de pesticides, les échantillons de feuilles prélevés sur les plants matures, ont été emballés dans du papier aluminium et conservés au frais, dans une glacière, jusqu'au laboratoire. L'extraction des résidus de pesticides a été réalisée à l'extracteur Soxhlet, avec le pentane comme solvant. La chromatographie en phase gazeuse, couplée à un système de détection à capture d'électrons (CPG/ECD), a été utilisée pour le dosage.

Analyse statistique

Une étude statistique a été effectuée afin de confronter les connaissances théoriques et pratiques cumulées au cours des traitements de données. Grâce aux tests ANOVA (Analyse de la Variance), de Fischer, basés sur l'hypothèse nulle pour des niveaux de signification $\alpha = 0,05$ et $0,01$, nous avons vérifié les éventuels changements sur chaque site l'effet des différents fertilisants sur le sol, les propriétés physiques, la teneur des différents éléments chimiques et les paramètres agronomiques étudiés.

Chaque fois que la probabilité calculée est significative, le test HSD de TUKEY, pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ et $0,01$, est effectué afin de comparer les différentes moyennes et apprécier les différences significatives qui existent entre celles-ci.

Des analyses en Composantes Principales (ACP), (Wolff, 2003; Wolff et Visser, 2005) ont été effectuées, afin de rechercher des corrélations qui existent entre les différents éléments.

Le traitement des données a été fait avec le logiciel STATISTICA 7.1 pour Windows. Les analyses de variance ont été faites avec la procédure GLM (General Linear Model : analyse de variance des moyennes avec le Test TUKEY au seuil de 5%).

Resultats

Evaluation des métaux traces dans les produits maraîchers

Les résultats du dosage des métaux traces dans les végétaux sont consignés dans le **tableau I**. Les métaux traces retrouvés dans les feuilles et dans les fruits des 4 espèces cultivées sur les différents sites de prélèvements sont le Cu, le Pb le Zn et Cd.

Le Cu semble s'accumuler à la fois dans les feuilles et dans les fruits. Les doses sont relativement faibles dans les fruits de gombo sur les sites d'Azaguié (4,95mg.kg⁻¹), d'Attinguié (7,16 mg.kg⁻¹) et dans les feuilles d'épinard à Dabou (1,34 mg.kg⁻¹). Les teneurs en Cu dans les différents végétaux dépassent largement les seuils recommandés par la FAO (1 mg.kg⁻¹).

Hormis les faibles doses de Cd observées dans les fruits de gombo à Azaguié (0,24 mg.kg⁻¹), à Attinguié (0,29 mg.kg⁻¹) et à Dabou (0,12 mg.kg⁻¹), les valeurs obtenues dans les autres végétaux sont relativement élevées et largement au-dessus du seuil tolérable (0,04 mg.kg⁻¹).

Les valeurs de Pb dans les différents végétaux se situent entre 106 et 109 mg.kg⁻¹ sur tous les trois sites, dépassant largement les seuils indiqués par la FAO (0,1 mg.kg⁻¹ de matière fraîche).

De tous les éléments traces recherchés, le Zn est celui qui s'accumule le plus dans les feuilles et fruits des végétaux prélevés. Ainsi, les analyses indiquent des valeurs allant jusqu'à 506 mg.kg⁻¹, ce qui dépasse très largement le seuil tolérable (2 mg.kg⁻¹).

Tableau I: Teneurs en métaux traces déterminées dans les végétaux sur les différents sites

Sites d'étude	Espèces	Eléments traces métalliques (mg.kg ⁻¹)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
Azaguié	<i>Corchorus tridens</i>	10,16 ± 0,21 b	95,85 ± 5,76 ab	66,57 ± 3,97 b	106 ± 9,65 a
	<i>Basela alba</i>	7,62 ± 0,18 bc	506,77 ± 27,87 a	11,62 ± 0,33 bc	105 ± 9,65 a
	<i>Abelmoschus sp</i>	4,95 ± 0,09 bc	177,95 ± 10,11 ab	0,24 ± 0,00011 c	103 ± 9,64 a
	<i>Solanum aethiopicum</i>	17,33 ± 0,81 ab	182,06 ± 10,34 ab	217,23 ± 19,62 a	102 ± 9,63 a
Attinguié	<i>Corchorus tridens</i>	12,34 ± 0,34 b	117,68 ± 10,06 ab	12,40 ± 0,35 bc	105 ± 9,65 a

	<i>Basela alba</i>	3,87 ± 0,08 bc	54,23 ± 3,78 b	101 ± 9,52 ab	106 ± 9,65 a
	<i>Abelmoschus sp</i>	7,16 ± 0,16 bc	367,24 ± 21,17 a	0,29 ± 0,00028 c	101 ± 9,52 a
	<i>Solanum aethiopicum</i>	15,23 ± 0,67 ab	87,06 ± 5,43 b	101 ± 9,52 ab	108 ± 9,68 a
	<i>Corchorus tridens</i>	20,82 ± 1,11 a	183,45 ± 10,56 ab	6,45 ± 0,14 bc	110 ± 9,69 a
Dabou	<i>Basela alba</i>	1,34 ± 0,009 c	39,47 ± 1,89 bc	101 ± 9,52 ab	107 ± 9,65 a
	<i>Abelmoschus sp</i>	11,44 ± 0,32 b	480,42 ± 22,51 a	0,12 ± 0,00008 c	109 ± 9,68 a
	<i>Solanum aethiopicum</i>	12,55 ± 0,36 b	64,45 ± 5,98 b	101 ± 9,52 ab	104 ± 9,65 a
	Seuils tolérables (FAO)	1 ± 0,00076 c	2 ± 0,00098 c	0,04 ± 0,0000012 d	0,1 ± 0,00072 b
	F _{cal}	189,32**	117,91**	861,43**	782,56**
	P _{cal}	0,000087	0,000095	0,00000787	0,00000956
	P _{théor}	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas statistiquement différentes à P < 0,01 selon le test de Tukey. Cal = calculé, théor = théorique.

Types de pesticides et plastifiants retrouvés dans les végétaux

L'analyse des différents végétaux (**Tableau II**) indique que la plupart des éléments retrouvés dans les plantes cultivées sont des pesticides de la famille des pyrethroïdes (Bifenthrine, Deltaméthrine et Cyhalothrine) et un plastifiant de la famille des phtalates (1,2- Benzènedicarboxylicacid, bis (2-ethylhexyl) ester).

Tableau II : Pesticides et plastifiant retrouvés dans les végétaux étudiés.

Molécules	Famille	Dose Journalière Admissible (DJA, mg.kg ⁻¹)
Bifenthrine	Pyréthroïde	0,015
Deltaméthrine	Pyréthroïde	0,01
Cyhalothrine	Pyréthroïde	0,02
DOP	Pyréthroïde	0,04

Doses de résidus de pesticides dans les différents végétaux

Les éléments retrouvés dans tous les végétaux étudiés sont la pyrèthroïde (Bifenthrine, Deltaméthrine et Cyhalothrine) et laphtalate (DOP). Les doses de Bifenthrine déterminées dans des végétaux dépassent la dose journalière admissible (DJA), soit (0,015 mg.kg⁻¹), sauf dans le gombo où ces teneurs restent en dessous de la dose journalière admissible. Elles sont, respectivement, de 0,009 mg.kg⁻¹ à Azaguié, 0,008 mg.kg⁻¹ à Attinguié, et 0,003 mg.kg⁻¹ à Dabou.

Les doses de phtalate (DOP) dans les végétaux, sont inférieurs à la DJA (0,04 mg.kg⁻¹ et varient de 0,008 à 0,018 mg.kg⁻¹). La Cyhalothrine est

observée seulement dans les feuilles de corète potagère, avec une dose sensiblement égale à celle de la DJA ($0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Les analyses des végétaux révèlent une dose de Deltaméthrine largement supérieure à la DJA ($0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$), seulement dans les feuilles de corète potagère (**Tableau III**).

Tableau III : Teneurs en pesticides obtenues dans les végétaux étudiés

Sites d'étude	Végétaux étudiés		Doses de pesticides retrouvés (mg.kg^{-1})			
	Nom commun	Espèces	Bifenthrine (Pyréthroïde)	Cyhalothrine (Pyrethroïde)	DOP (Phtalate)	Deltaméthrine (Pyrethroïde)
Azaguié	Corète potagère	<i>Corchorus tridens</i>	0,021 ± 0,00065 a	0,022 ± 0,00085 a	0,008 ± 0,00006 c	0,053 ± 0,00095 b
	Epinaud	<i>Basela alba</i>	0,006 ± 0,000075 b		0,008 ± 0,000068 c	
	Gombo	<i>Abelmoschus sp</i>	0,009 ± 0,000087 b		0,008 ± 0,000068 c	
	Aubergine	<i>Solanum aethiopicum</i>	0,019 ± 0,00058 a		0,018 ± 0,00049 b	
Attinguié	Corète potagère	<i>Corchorus tridens</i>	0,020 ± 0,00064 a	0,022 ± 0,00065 a	0,008 ± 0,00006 c	0,053 ± 0,00095 b
	Epinaud	<i>Basela alba</i>	0,007 ± 0,000082 b		0,009 ± 0,000071 c	
	Gombo	<i>Abelmoschus sp</i>	0,008 ± 0,000068 b		0,008 ± 0,000068 c	
	Aubergine	<i>Solanum aethiopicum</i>	0,022 ± 0,00069 a		0,018 ± 0,00049 b	
Dabou	Corète potagère	<i>Corchorus tridens</i>	0,021 ± 0,00065 a	0,022 ± 0,00085 a	0,009 ± 0,00007 c	0,053 ± 0,00095 b
	Epinaud	<i>Basela alba</i>	0,057 ± 0,00091 a		0,009 ± 0,000071 c	
	Gombo	<i>Abelmoschus sp</i>	0,003 ± 0,000072 b		0,008 ± 0,000068 c	
	Aubergine	<i>Solanum aethiopicum</i>	0,017 ± 0,00045 a		0,017 ± 0,00045 b	
	Doses journalière administrée (DJA)	0,015 ± 0,00043 a	0,02 ± 0,00085 a	0,044 ± 0,00081 a	0,01 ± 0,068 a	
	F _{cal}	266,47**	0,31 ns	374,773**	134,78**	
	P _{cal}	0	0,747947	0	0,001357	
	P _{thér}	< 0,01	> 0,05	< 0,01	< 0,01	

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas statistiquement différentes à $P < 0,01$ selon le test de Tukey, Cal = calculé, théor = théorique.

Discussion

Les teneurs en Zn obtenues dans les végétaux étudiés dépassent largement les seuils tolérables (FOA, 2003). En effet, les fortes teneurs déterminées en Zn à Azaguié, Attinguié et à Dabou sont la preuve que le Zn est facilement biodisponible dans les sols acides (Bisson *et al.*, 2005); or, la majorité des sols sur lesquels ces cultures maraîchères sont cultivées, sont acides à moyennement acides (Touré *et al.*, 2010). Les différentes analyses

effectuées sur les échantillons des plantes étudiées, montre qu'il y a une forte concentration des teneurs en Cd, surtout dans les feuilles. Des résultats analogues ont été obtenus par Douay *et al.*, (2001) sur des laitues cultivées dans les mêmes conditions. Ces teneurs pourraient provenir des rejets atmosphériques et les produits de fertilisation utilisés par les paysans. En effet, le Cd est un métal, relativement rare dans l'écosphère, qui apparaît très faiblement concentrée, quoi que faisant partie des polluants les plus toxiques et les plus mobiles dans le système sol-plante. Par conséquent, son assimilation et son accumulation dans les tissus des végétaux peuvent constituer des vecteurs de contamination en cas de consommation animale ou humaine. Ceci suggère une contamination du système foliaire par la voie aérienne, à partir des apports anthropiques. Malheureusement, les travaux relatifs à ce mode de contamination sont rares. Toutefois, Sterckeman *et al.* (2006) ont suggéré que le Cd déposé à la surface des feuilles de légumes et de céréales pourrait contribuer à la contamination de ces végétaux.

Le cadmium est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en interférant sur le prélèvement de certains éléments essentiels (fer, cuivre, manganèse, magnésium, calcium), soit par substitution, soit par compétition au niveau des sites d'absorption membranaire (Matusik *et al.*, 2007). Les travaux de Clemens *et al.* (2002) et Yang *et al.* (2005) ont montré que 20 à 60% du Cd total mesuré dans les végétaux provenaient directement du dépôt atmosphérique de ce métal à la surface des feuilles. Selon ces auteurs, le Cd déposé sur le système foliaire pourrait être absorbé par les feuilles et transporté à l'intérieur du végétal.

Les teneurs en Pb dans les végétaux, varient de 101 à 104 mg.kg⁻¹, et sont supérieures aux seuils recommandés par la FAO (2003). Les teneurs élevées en plomb obtenues dans les végétaux pourraient s'expliquer essentiellement par l'utilisation de fertilisants, plus particulièrement le sulfate de cuivre, de fer (Eugenia *et al.*, 1996) et le superphosphate (Giuffrè de Lopez Camelo, 1997), qui présentent souvent de fortes concentrations en plomb.

D'autres facteurs, tels que les retombées atmosphériques, pourraient aussi expliquer cette accumulation du Pb dans les végétaux durant la durée du cycle cultural (Cambier, 1994; Sanka *et al.*, 1995). Les fortes quantités de plomb dans les végétaux pourraient être dues aussi à l'utilisation de produits tels que l'arsenate de plomb, dans le traitement des vergers et des cultures maraîchères (Semlali *et al.*, 2000). En effet, les résultats des enquêtes menées dans les différentes zones de l'étude indiquent l'utilisation de certains produits non homologués par le comité de pesticide en Côte d'Ivoire.

Les résultats des analyses de résidus de pesticides et plastifiants dans les échantillons de végétaux prélevés sur les sites d'Azaguié, Attinguié et

Dabou, montrent l'existence des risques de contamination par les produits phytosanitaires. En effet, ces analyses indiquent une concentration en pyrethroïde, et phtalate dans les végétaux, sur l'ensemble des sites. Cela pourrait provenir d'une utilisation inappropriée ou abusive de pesticides par des agriculteurs non scolarisés, ayant des difficultés à lire les indications relatives aux doses d'utilisation et les mesures préconisées, même si les produits utilisés sont recommandés en maraîchage (Agossou *et al.*, 2001).

Les phtalates retrouvés dans les végétaux pourraient provenir des emballages généralement en matière plastique, utilisés pour le conditionnement des produits agrochimiques. En effet, les phtalates sont utilisés à 90% en tant que plastifiants, ajoutés aux matières plastiques (jusqu'à 50% de la masse totale du produit) ; ils leur confèrent souplesse, élasticité et durabilité, ce qui permet un grand nombre d'applications (Main *et al.*, 2006). Les phtalates sont également utilisés comme additifs de colles, lubrifiants et pesticides; mais, ces produits ne se fixent pas de façon forte à leur matrice, et sont libérés en continu dans leur environnement immédiat (Marsee *et al.*, 2006).

Conclusion

Les plantes de gombo (*Abelmoschus sp*), de corète potagère ou Klouala (*Corchorus tridens*), d'épinard (*Basela alba*) et d'aubergine (*Solanum aethiopicum*) des zones d'Azaguié, Attinguié et Dabou ont des teneurs en Cd, Zn Cu et en Pb supérieures aux seuils recommandés par la FAO pour la consommation humaine. Les pesticides de la famille des pyrethroïde (Bifenthrine, Deltamethrine et Cyhalotrine) et un plastifiant de la famille des phtalate (1,2- Benzènedicarboxylicacid, bis (2-ethylhexyl) ester) ont été trouvés dans les végétaux, à des concentrations généralement supérieures aux doses journalières administrées (DJA). Les apports de métaux traces par les rejets atmosphériques demeurent la principale difficulté liée à l'évaluation de la quantité réelle d'éléments traces due aux activités agricoles dans les agrosystèmes de la vallée du Niéki.

Recommandations

Pour remédier à la contamination en résidus de pesticides, plastifiants et en métaux traces des espèces maraîchères cultivées dans la vallée du Niéki, nous recommandons de :

- remplacer la fiente de volaille par d'autres types de déjections animales, moins polluantes, ou par de la sciure de bois,
- faire l'analyse géochimique du matériau parental des sols étudiés pour une meilleure compréhension de l'origine des éléments traces métalliques,

- former et sensibiliser les maraîchers sur les techniques de bonnes pratiques agricoles.

References:

- Agossou G., Ahouansou T. et Assogba-Komlan F., 2001. Étude sur la promotion de la filière des cultures maraîchères au Bénin, Rapport principal (version provisoire), PCM/INRAB/MAEP, 87p.
- Anonyme., 1995. Monographie de la sous-préfecture d'Azaguié. Sous-préfecture d'Azaguié. 59 p.
- Bisson M., Houeix N., Gay G., Jolibois B., Lacroix G., Lefevre J.P., Magaud H., Morin A. et Tissot S., 2005. Nickel et ses dérivés, 68 p.
- Cambier P., 1994. Contamination of soils by heavy metals and other trace elements: a chemical perspective. *Anal. Mag.*, 22 (2): pp. 21-24.
- Clemens, S., Palmgren M.G. et Krämer U., 2002. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in Plant Science* 7(7): pp. 309-315.
- Douay, F., Perdrix E., Fourrier H. et Plaisance H., 2001. Cartographie des teneurs en cadmium, plomb et zinc dans les horizons organo-minéraux des parcelles agricoles autour des sites métallurgiques de Noyelles-Godault et d'Auby. Programme de Recherches Concertées. Environnement et Activités humaines. Etude d'un secteur pollué par les métaux: 27 p.
- Eugenia G.G., Vicente A. & Rafael B., 1996. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution*, 9, 1, pp. 19-25.
- F.A.O., 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, 73 p.
- Giuffre de Lopez Camelo L., Ratto de Miguez S. et Marban L., 1997. Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. *Sci Total Environ*, 1, 204, 3: pp. 245-250.
- Madjouma K., Kpérkouma W., Komlan B., Gbandi D.B., Adam A. et Koffi A., 2009. Le maraîchage périurbain à Lomé : pratiques culturelles, risques sanitaires et dynamiques spatiales. *Cahiers Agricultures*. Volume 18, Numéro 4, pp. 356-363.
- Main K. M., Mortensen G. K., Kaleva M., Boisen K., Damgaard I. and Chellakooty M., 2006. Human breast milk contamination with phthalates and alterations of endogenous reproductive hormones in 3-month-old infants *Environ Health Perspect* 114: pp. 270–276.
- Marsee K., Woodruff J. T., Axelrad A. D., Calafat M. A. and Swan H. S., 2006. Estimated Daily Phthalate Exposures in a Population of Mothers of Male Infants Exhibiting Reduced Anogenital Distance. *Environ Health Perspect.*, 114(6): pp. 805–809.
- Matusik J., Bajda T., Manecki M., 2007. Immobilization of aqueous

cadmium by addition of phosphates. *Journal of Hazardous Materials* 152, 332-1339.

Sanka M., Strnad M., Vondra J. and Paterson E., 1995. Sources of soil and plant contamination in an urban environment and possible assessment methods. *Int. J. Environ. Anal. Chem*, 59 : pp. 327-343.

Semlali R.M., Vanoart F., Loubet M. et Denaix L., 2000. La composition isotopique du plomb : un outil privilégié pour l'estimation de la distribution du plomb anthropique et naturel dans les sols. *Compte rendu de l'Académie des Sciences Paris*, 331 : pp. 595-600.

Sterckeman T. F., Douay D., Baize H., Fourrier N., Proix P. et Schwartz C., 2006. Trace elements in soils developed in sedimentary materials from Northern France. *Geoderma* 136: 912-929.

Touré N., Yao-Kouamé A., Alui K. A. et Guety T. P., 2010. Evaluation en éléments majeurs et traces métalliques d'un environnement de production agricole dans la vallée du Niéki au Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, ISSN 1997-5902, 34: pp. 2134-2144.

Traoré S. K., Koné M., Dembelé A., Lafrance P. et Houenou P., 2003. Etude comparative du niveau de résidus de pesticides organochlorés chez trois espèces de poissons du lac de Buyo (sudouest de la Côte d'Ivoire) et estimation du potentiel de risques pour la santé humaine, *J.Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 016: pp. 137-152.

Traore S., Kone M., Dembélé A., Lafrance P., Mazellier P. et Houenou P., 2006. Contamination de l'eau par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (Centre, Sud et Sud-ouest) :pp. 1-9.

Vogel G.L., Schumacher G.E., Chow L.C., Takagi S. and C.M. Carey., 2008. Ca Pre-rinse Greatly Increases Plaque and Plaque Fluid F. *J Dent Res* 87(5): pp. 466-469.

Wolff M., 2003. Apport de l'analyse géométrique des données pour la modélisation de l'activité. *In Sperandio J.C. et Woilff.*, (Eds). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*, Paris: Presses Universitaires de France, pp. 195 - 227.

Wolff M. et Visser W., 2005. Méthodes et outils pour analyse des verbalisations: Une contribution à l'analyse du modèle de l'interlocuteur dans la description d'itinéraires. *Activités*, 2, pp. 99 - 118.

Yang, X., Feng Y., H. Z. et Stofella P. J., 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: pp. 339-353.