



Contamination du sol, de l'eau et des produits maraîchers par des substances toxiques et des métaux lourds sur le site de Houéyiho (Cotonou) en République du Bénin

E. A. PAZOU YEHOUEYOU¹, André SOTON², David AZOCLI¹,
Hortensia ACAKPO³, Michel BOCO⁴, Léonard FOURN⁵, David HOUINSA⁴,
Jean-Claude KEKE⁶ et Benjamin FAYOMI^{5*}

¹ Laboratoire de Recherches en Biologie Appliquée (LARBA), Département du Génie de l'Environnement, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

² Centre de Recherche pour le Développement (CREDESA) Pahou, Bénin.

³ Institut National de la jeunesse de l'Éducation INJEP Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

⁴ Faculté des Lettres Art et Sciences Humaines FLASH, Bénin.

⁵ UER de Santé au travail et Environnement, Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, Bénin.

⁶ Projet de renforcement des capacités en conception et analyse des politiques de développement (CAPOD), Bénin.

* Auteur correspondant, E-mail : bfayomi2@yahoo.fr; Tel : 00 229 95 86 04 23

RESUME

L'usage non maîtrisé d'intrants agricoles et de pesticides a des effets sur la qualité des cultures maraîchères. C'est pour évaluer la qualité des cultures maraîchères qu'une équipe de chercheurs associée aux maraîchers, a mené une étude dans un site de maraîchage en milieu urbain de Cotonou. Cette étude visait à améliorer la santé des consommateurs et des producteurs. Sur le plan méthodologique, elle a opté pour une approche écosystémique basée sur la transdisciplinarité, la participation des producteurs et le genre/éthique. Des prélèvements d'eau, de sol et de produits maraîchers sont effectués à différents niveaux du site et à intervalles de temps. Les résultats de cette étude se présentent comme suit : (a) les cultures maraîchères sont contaminées par des métaux lourds notamment le plomb, le cadmium, le zinc. Le taux de zinc dans *Amaranthus hybridus* est de 185 mg/kg pour une norme comprise entre 0,2 et 2 mg/kg. Les concentrations en plomb sont de 1,4 à 4,8 mg/kg pour une norme de 0,3 mg/kg. (b) le sol est contaminé par du plomb, du cadmium, du zinc, du cuivre et des nitrates dont les valeurs sont faibles par rapport aux normes européennes. (c) les eaux d'arrosage sont également contaminées par des métaux lourds, et des nitrates.

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Métaux lourds, cultures maraîchères, milieu urbain, Bénin.

INTRODUCTION

Le maraîchage est une activité génératrice de revenus qui se développe de

plus en plus dans les grandes villes africaines en raison de la forte demande pour la consommation dans les ménages et dans les

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

hôtels. Au Bénin, surtout dans la ville de Cotonou, on dénombre plusieurs sites maraîchers dont le plus important est celui de Houéyiho. Les cultures maraîchères jouent un rôle important dans l'alimentation des habitants et la prévention des maladies carencielles telles que l'anémie, l'avitaminose. Les recettes individuelles varient entre 40000 et 90000 FCFA par mois. Le maraîchage contribue également à rentabiliser l'élevage de volailles par l'utilisation de la fiente produite par les fermes d'élevage. L'utilisation annuelle de fiente est de 50 tonnes à l'hectare, ce qui représente près d'un million de FCFA/ha d'achat aux aviculteurs (Hounkpodoté, 2001)

Les maraîchers de ce site constitués de 20% de femmes et 80% d'hommes pratiquent exclusivement un maraîchage de type intensif avec utilisation de nombreux intrants sur des surfaces limitées. Aussi, dans le souci de satisfaire une demande sans cesse croissante en ces produits au niveau de la quasi-totalité des ménages et des hôtels de Cotonou, les maraîchers utilisent de grandes quantités d'engrais minéraux, des pesticides (insecticides, herbicides et fongicides) des ordures ménagères.

Au regard de ce qui précède et vu le système essentiellement manuel avec une importante utilisation des pesticides, la consommation de tels produits maraîchers peut constituer un risque pour la santé. Ainsi, pour contribuer à l'amélioration de la santé des consommateurs, une équipe de chercheurs (hommes et femmes), ayant différentes spécialités, associée aux maraîchers et maraîchères a œuvré pour une action durable de protection des produits de maraîchage.

L'objectif général est d'améliorer la qualité des produits cultivés sur le site maraîcher de Cotonou en vue de préserver la santé des consommateurs.

Les objectifs spécifiques sont :

- déterminer le niveau de contamination du sol ;
- analyser la qualité de l'eau utilisée pour arroser les planches ;

- apprécier la qualité des produits cultivés sur le site.

MATERIEL ET METHODES

La méthodologie utilisée est l'approche écosystémique basée sur la transdisciplinarité, la participation le genre et l'éthique. Cette équipe est composée de biologiste écotoxicologue, de pédologue, d'économiste, de sociologue, d'agronome, de médecins, de maraîchers et maraîchères travaillant sur le site. Tous les prélèvements sont faits avec leur consentement après plusieurs réunions de concertation et après autorisation par le comité d'éthique. La maraîchère membre de l'équipe a pour responsabilité de sensibiliser les autres maraîchères à faciliter les prélèvements au niveau de leurs planches. Il en est de même pour les deux maraîchers de l'équipe. Tous les résultats des analyses effectués sont discutés et interprétés au sein de l'équipe de recherche avant d'être portés au niveau des maraîchers pour des échanges.

Echantillonnage des sources d'eau

Les échantillons d'eau sont prélevés au niveau des marécages les plus utilisés par les maraîchers, dans les puits et forages installés à l'intérieur des planches à raison d'un puits ou forage sur trois choisis au hasard. Les prélèvements sont effectués et analysés neuf fois dans l'année et ce pendant deux ans. Les prélèvements n'ont pu être effectués pendant trois mois à cause des fortes précipitations qui ont entraîné une inondation de la zone.

Des sols

Les échantillons de sol sont prélevés dans les horizons de 0 - 20 cm dans la zone racinaire des cultures, et dans les horizons de 20-30 au niveau des planches arrosées avec l'eau de marécage, l'eau de puits et l'eau de forage. Deux échantillonnages de sol ont été faits à raison d'un prélèvement par an pendant deux ans.

Des produits maraîchers

Les légumes les plus consommés comme *Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Vernonia amygdalina*, *Lactuca sativa* et *Brassica oleracea* sont choisis.

Technique de prélèvement

- De l'eau

Les eaux des marécages sont prélevées avec des arrosoirs, celles des puits avec des seaux et celles des forages à l'aide de motopompe. Un litre d'eau, provenant des trois différentes sources, est versé dans des bouteilles stériles. Les échantillons d'eau sont déposés dans une glacière contenant de la glace afin d'éviter la variation des substances qui y sont dissoutes. Ces prélèvements sont transportés et analysés au laboratoire par nous même.

- Du sol

Les prélèvements du sol sont effectués au niveau de 8 fosses pédologiques. Deux échantillons sont prélevés par fosse dans les horizons 0-20 cm et 20-30 cm. Ces fosses couvrent les aires géographiques du site.

- Des produits maraîchers

Seuls les légumes à maturité prêts pour la consommation sont prélevés au niveau des planches arrosées par les trois différentes sources d'eau d'arrosage (marécage, puits et forage) à raison de trois plants par planche pris au hasard.

Analyse au laboratoire

- De l'eau

Les nitrites et les nitrates sont respectivement dosés au laboratoire de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) par la méthode de Zambelli et par celle au salicylate de sodium. Les résultats obtenus sont comparés aux teneurs en nitrates et en nitrites dosées à l'aide d'un spectrophotomètre portable de marque HACH DR /4000U acquis dans le cadre du projet. Les métaux lourds sont dosés à l'aide d'un spectrophotomètre portable pHotoFlex WTW.

- Du sol

Les paramètres physico-chimiques déterminés dans les échantillons de sol sont : MO, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, NO₃, NH₄, Ph-eau, Ph-KCl.

- Des cultures maraîchères

Les cultures maraîchères (*Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Vernonia amygdalina*, *Lactuca sativa* et *Brassica oleracea*) prélevées sont séchées à la température du laboratoire pendant un mois avant d'être broyées, ensachées et envoyées à Galys Laboratoire du groupe EMERAUDE-CERAAF en France pour des analyses chimiques (nitrates, nitrites), pour le dosage des métaux lourds et la recherche des résidus de pesticides.

Analyse statistique

Le test statistique utilisé est le test T de Student de comparaison de deux moyennes (H₀ : m₁=m₂). Le logiciel utilisé est le SAS (Statistical Analysis System) version 9.1. Le test d'ANOVA de comparaison des moyennes suivi du test de Student Newman et Keuls de structuration des moyennes. Aussi, les résultats des analyses de laboratoire sont évalués selon les normes ou directives de la FAO, de CODEX STAN et AFNOR.

RESULTATS

Le site maraîcher de Houéyiho a une superficie de 15 hectares. (RGPH2, INSAE, 2002). Il est séparé en deux zones par les pylônes de l'aviation civile (zone nord et zone sud). La zone nord est surélevée par rapport à la zone sud.

Taux de métaux lourds dans le sol

La Figure 1 montre la teneur en métaux lourds dans les échantillons de sols prélevés aussi bien du côté sud que du côté nord du site. Il en ressort que lesdits sols sont contaminés par des métaux toxiques comme le zinc, le chrome, le plomb. Les taux de zinc et de plomb contenus dans les sols prélevés au nord du site sont très élevés par rapport à ceux identifiés dans le sol prélevé au sud du site. Des traces de cadmium y ont été également

identifiées. Ces métaux proviennent des ordures ménagères contenant des piles, du fer et autres métaux non dégradables.

Taux de métaux lourds dans les eaux d'arrosage

Le Tableau 1 montre les taux de métaux lourds dans les trois sources d'eau d'arrosage du site. Elles sont contaminées par du manganèse, du cadmium et du plomb. Les taux les plus élevés de manganèse et de plomb ont été identifiés dans les eaux des marécages situés au nord du site. Le taux le plus élevé de cadmium a été identifié dans les puits. Les concentrations en métaux toxiques sont moins élevées au sud du site que celles observées au nord du site.

L'analyse de la variance a montré une différence significative au seuil de 0,1% entre les trois sources d'eaux, les zones nord et sud et l'interaction entre les deux facteurs. Ce qui montre que le dosage de métaux lourds dans les eaux d'arrosage est influencé par la zone de prélèvement. Par conséquent, la comparaison de la combinaison des deux facteurs s'avère nécessaire.

En effet, il existe une différence nette et significative entre la dose moyenne du Manganèse des six traitements. La valeur la plus élevée du Manganèse est observée au nord dans les eaux du marécage suivie de l'eau de puits toujours au nord. La valeur la plus faible de Manganèse est observée dans l'eau de puits au sud. Pour ce qui concerne le plomb, il n'existe pas de différence entre les eaux du Marécage du nord et du sud qui présentent les valeurs les plus élevées. Les valeurs les plus faibles du plomb sont observées dans les eaux de forage et du puits au sud. Le cadmium est plus présent dans l'eau de puits au nord tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée dans les eaux de forage.

Taux de métaux lourds dans les cultures maraîchères

Le Tableau 2 montre les taux de métaux lourds dans les cultures maraîchères du site.

Il ressort de l'examen de ce tableau que les cultures maraîchères produites sur ce site sont contaminées d'une part par des métaux lourds. Les taux de cadmium identifiés dans les cultures représente plus du double de la valeur limite qui est de 0,2 mg/kg selon la norme CODEX STAN (1995). Selon le test de Student, on note une différence au moins significative au seuil de 1% entre le taux moyen de cadmium des trois cultures maraîchères selon que c'est prélevé au nord ou au sud.

Du chrome a été identifié dans toutes les cultures maraîchères à des concentrations variées avec des différences au moins hautement significative entre le taux moyen de chrome des trois cultures maraîchères selon que c'est prélevé au nord ou au sud.

Du plomb a été identifié dans tous les légumes feuilles prélevés. Seul *Vernonia amygdalina* prélevé au nord du site a une concentration en plomb légèrement supérieure à la valeur limite qui est de 0,3 mg/kg selon la norme CODEX STAN. Il existe au moins une différence hautement significative entre le taux moyen de plomb des trois cultures maraîchères selon que c'est prélevé au nord ou au sud.

Résidus de pesticides dans les cultures maraîchères

Aucun résidu de pesticide n'a été identifié dans les cultures maraîchères malgré leurs utilisations intenses. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces pesticides utilisés sont lessivés par les eaux d'arrosage.

Concentration des métaux lourds dans les produits maraîchers arrosés par les différentes sources d'eau d'arrosage

Le Tableau 3 montre l'influence des trois sources d'eau d'arrosage (marécage, puits et forage) sur les concentrations en substances chimiques.

Globalement, les concentrations en métaux lourds et autres métaux toxiques sont plus fortes dans les cultures maraîchères arrosées par des eaux provenant des puits et des forages que celles arrosées par les eaux des marécages.

Il existe une différence hautement significative au seuil de 0,1% pour le taux de nitrate contenu dans toutes les cultures maraîchères arrosées par des eaux de marécages et les eaux des puits et forage.

Aussi, les taux de plomb et de zinc sont plus élevés dans les produits maraîchers arrosés avec des eaux de puits et de forage avec une différence très hautement significative au seuil de 0,1%. Ce résultat se justifie par le fait que les engrais qui sont utilisés par les maraîchers sont lessivés par les eaux d'arrosage qui s'infiltrent directement dans les puits et les forages situés à proximité des planches. Il est à remarquer que la teneur en cuivre dans le *Vernonia* et le *Solanum* arrosés par les eaux de marécage est plus élevée que celle des mêmes produits arrosés par les eaux de puits et de forage.

La Figure 2 quant à elle, montre la variabilité de la concentration des métaux lourds dans quelques légumes cultivés au nord et au sud du site où les taux de zinc sont plus élevés dans toutes les cultures maraîchères prélevées au sud par rapport à celles produites au nord du site avec des différences hautement significatives au seuil de 0,1%.

DISCUSSION

Le site de maraîchage étudié présente des caractéristiques physiques telles que la présence des marécages dont les eaux sont utilisées pour arroser les cultures maraîchères, le plan incliné de la zone nord par rapport à la zone sud, les pratiques culturales inadéquates qui sont autant de facteurs qui influencent les concentrations des métaux lourds.

De plus, les ordures ménagères mal triées et contenant des piles, des ferrailles et autres éléments toxiques sont à la base de la présence des métaux comme le cadmium, chrome, nickel, plomb, cuivre et zinc identifiés dans les cultures maraîchères.

On constate également que toutes les variétés de cultures maraîchères analysées sont contaminées par du cadmium, contrairement aux résultats des analyses effectuées sur le même site par l'Agence Béninoise pour l'Environnement en 2003 dont

Tableau 1 : Dosage des métaux lourds dans trois sources d'eaux d'arrosage dans deux zones différentes: test d'ANOVA de comparaison des moyennes suivi du test de Student Newman et Keuls de structuration des moyennes.

SV	DL	Manganèse	Plomb	Cadmium
F de Fisher				
Source d'eaux	2	1343,75***	118,55***	31,75***
Lieu	1	2060,45***	117,50***	121,00***
Interaction	2	499,55***	33,10***	85,75***
Erreur	6	-	-	-
Source d'eaux X Lieu		Structuration des moyennes : test de Student Newman et Keuls †		
Forage Nord		0,51±0,01 d	1,21±0,01 b	2±0 cd
Forage Sud		0,38±0,01 e	0,8±0,14 c	2,2±0,14 c
Marécage Nord		1,96±0,06 a	1,56±0,01 a	2,7±0 b
Marécage Sud		0,68±0,01 c	1,55±0 a	2,2±0,14 c
Puits Nord		0,88±0,01 b	1,34±0 b	3,7±0,14 a
Puits Sud		0,26±0 f	0,66±0,01 c	1,8±0,14 d
Prob de F		<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***
cv%		3,3	4,9	4,7

***: différence très hautement significative; †: Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau 2 : Concentration des métaux lourds et autres substances toxiques dans les cultures maraîchères.

Cultures maraîchères	Cadmium	Chrome	Mercure	Nickel	Plomb	Cuivre	Zinc
<i>Vernonia amygdalina</i> (nord)	0,424	0,369	< 0,025	0,220	0,379	8,14	53,45
<i>Vernonia amygdalina</i> (sud)	0,486	0,266	< 0,025	0,306	0,545	4,66	117,9
T test	*** (p<0,0005)	*** (p<0,0002)		*** (p<0,0003)	*** (p<0,0001)	*** (p<0,0001)	*** (p<0,0001)
<i>Amaranthus hybridus</i> (nord)	0,191	0,418	< 0,025	0,239	0,459	4,75	67,38
<i>Amaranthus hybridus</i> (sud)	0,229	0,308	< 0,025	0,360	0,967	4,63	185,5
T test	** (p<0,002)	*** (p<0,0007)		*** (p<0,0001)	*** (p<0,0001)	* (p<0,013)	*** (p<0,0001)
<i>Solanum macrocarpum</i> (nord)	0,250	0,524	< 0,025	0,222	4,25	2,32	31,69
<i>Solanum macrocarpum</i> (sud)	0,291	1,17	< 0,025	0,591	4,85	8,42	61,50
T test	** (p<0,003)	** (p<0,007)		*** (p<0,0001)	*** (p<0,0006)	*** (p<0,0001)	*** (p<0,0001)
<i>Brassica oleracea</i> (nord)	0,414	1,71	< 0,025	0,693	1,60	3,42	118,3
<i>Brassica oleracea</i> (sud)	0,235	0,984	< 0,025	0,485	1,41	4,05	62,25
T test	*** (p<0,0001)	*** (p<0,0002)		*** (p<0,0001)	** (p<0,005)	*** (p<0,0005)	*** (p<0,0001)

Source : Résultats d'analyse.

*** : Différence très hautement significative au seuil de 0,1% ; ** : Différence hautement significative au seuil de 1% ;

* : Différence significative au seuil de 5% ; T test = Test de Student.

les teneurs sont nulles. Cette augmentation du taux de cadmium obtenue après quatre ans peut s'expliquer par un effet d'accumulation. Par contre, lorsqu'on compare les concentrations du plomb et du cuivre à celles obtenues en 2003, on constate une nette diminution de près de 34% du taux de plomb dans *Brassica oleracea* et de près de 5% dans *Solanum hybridus*. Quant au cuivre, on constate également une diminution de près de 6% dans *Brassica oleracea* et de près de 3%

dans *Solanum hybridus*. Ceci peut s'expliquer par une amélioration des pratiques culturales des maraîchers ayant bénéficié entre temps de formation adéquate.

Les concentrations de Zinc (42 mg/kg à 185 mg/kg) et de plomb (1,65 mg/kg à 4,85 mg/kg) obtenues dans le sol du site maraîcher de Houéyiho sont inférieures à celles obtenues par Gnandi et al. (2008) dans les sols des sites maraîchers prélevés le long de l'autoroute Lomé-Aného au sud du Togo.

Tableau 3 : Influence des eaux d'arrosage sur les concentrations en substances minérales et en métaux lourds.

Produits maraîchers	Nitrite	Nitrate		Plomb		Cuivre		Zinc	
<i>Vernonia amygdalina</i>	-	134	1028	-	-	8,14	5,96	53,45	58,5
		Ma	P- F			Ma	P-F	Ma	P-F
T test		*** (p<0,0001)				*** (p<0,0001)		*** (p<0,0004)	
<i>Solanum macrocarpum</i>	-	3285	4953	4,25	4,85	13,42	8,42	58,65	58
		Ma	P-F	Ma	P-F	Ma	P-F	Ma	P-F
T test		*** (p<0,0001)		*** (p<0,0006)		*** (p<0,0001)		NS (p=0,58)	
<i>Amaranthus hybridis</i>	-	135	8339	-	-	4,66	4,75	56	185
		Ma	P-F			Ma	P-F	Ma	P-F
T test		*** (p<0,0001)				* (p<0,024)		*** (p<0,0001)	
<i>Brassica oleracea</i>	-	-	-	-	-	3,42	3,87	42	118
						Ma	P-F	Ma	P-F
T test						*** (p<0,001)		*** (p<0,0009)	

Source : Résultats d'analyse.

Ma= eau de marécage ; P= eau de puits ; F= eau de forage ; *** : Différence très hautement significative au seuil de 0,1% ;

* : Différence significative au seuil de 5% ; NS : Différence non significative au seuil de 5%.

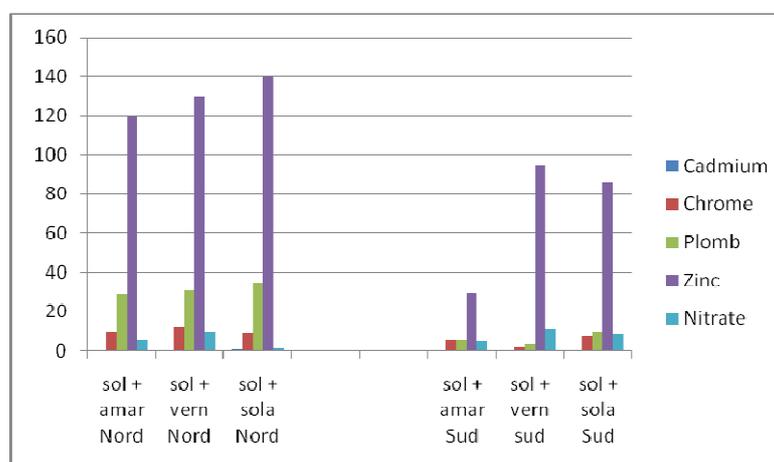


Figure 1 : Dosage des métaux lourds dans le sol prélevé au nord et au sud du site.

Source : Résultats d'analyse.

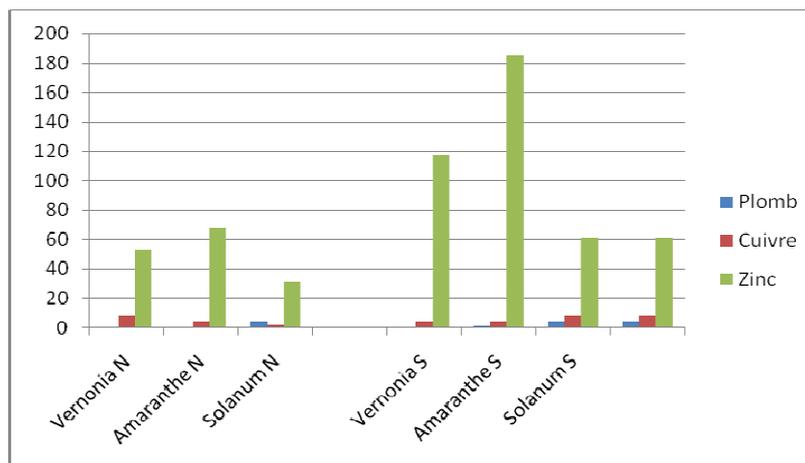


Figure 2 : Variabilité de la concentration des métaux lourds dans quelques légumes cultivés au nord et au sud du site. N = nord ; S = sud. Source : résultats d'analyse.

Les concentrations de chrome (1,17 mg/kg), de Nickel (0,36 mg/kg), de plomb (4,85 mg/kg), de cuivre (8,42 mg/kg) obtenues dans *Solanum macrocarpum* cultivé sur le site maraîcher de Houéyiho au Bénin sont aussi nettement inférieures à celles obtenues dans *Solanum macrocarpum* cultivé le long de l'autoroute Lomé-Aného au sud du Togo dont les concentrations sont: 40 mg/kg pour le chrome, 47 mg/kg pour le Nickel, 95 mg/kg pour le plomb et 16 mg/kg pour le cuivre.

Les concentrations de zinc (31,7 mg/kg à 185 mg/kg) obtenues dans les cultures maraîchères produites sur le site maraîcher de Houéyiho sont nettement inférieures à celles obtenues dans les légumes feuilles produites au Nigéria SS Asaolu and MF Asaolu (2010).

Toutes ces différences de concentrations expliquent une amélioration des pratiques culturales de Houéyiho par rapport à celles des sites de maraîchage situés le long de l'autoroute Lomé-Aného au sud du Togo.

On remarque que les concentrations des nitrates (Tableau 2) sont élevées dans les cultures maraîchères arrosées par les eaux de puits et de forages par rapport à ceux arrosés par les eaux de marécages. Ceci peut s'expliquer par le fait que les engrais

chimiques utilisés s'infiltrent directement dans les puits et forages situés à proximité des planches et à cause de la nappe phréatique peu profonde. Au niveau des marécages, la concentration est moindre à cause de la distance assez éloignée des planches.

Conclusion

Cette étude a montré la présence de métaux lourds et de nitrates dans les cultures maraîchères à des concentrations variées. Néanmoins, ces diverses concentrations sont en général meilleures à Houéyiho qu'au niveau d'autres sites maraîchers. Des efforts restent à fournir pour réduire davantage ces concentrations à travers des sensibilisations, à l'utilisation effective du compost fabriqué sur le site.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche témoigne sa gratitude au CRDI qui lui a permis de réaliser cette étude. Un grand merci aux maraîchers qui sont désormais nos partenaires.

Que le CREPA et la GTZ trouvent également ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

REFERENCES

- Asaolu SS, Asaolu MF. 2002. Trace metal distribution in Nigerian leafy vegetables. *Pakistan Journal of Nutrition*, **9**(1): 91-92.
- Codex Stan. 2007. Norme générale pour les contaminants et les toxines des aliments. Codex Stan 193-1995 Rév. 3 -2007.
- FAO. 1997. Exposition aux phosphates, risque pour la santé. FAO, Rome, Italie 16 p.
- Gnandli K, Tozo K, 2Edorh AP, Abi, Agbeko K, Amouzouvi K, Baba G, Tchangbedji G, Killi K. 2006. La Bioaccumulation du plomb et autres métaux lourds dans les produits maraichers cultivés sur les sols urbains le long de l'autoroute Lomé-Aného, Sud Togo. *Journal of African Earth Sciences*, **37**: 1-2.
- Hounkpodoté MR, Tossou CC. 2001. Profil des interactions entre la problématique foncière et le développement de l'agriculture urbaine dans la ville de Cotonou et environs. Cotonou, Bénin, rapport, 81p.
- RGPH. 2002. Description et caractéristique du Département de l'Atlantique. 18 p.
- Sanny, 2002. Etude des bio-contaminants et migration des agents toxiques dans les cultures maraichères : cas du périmètre maraicher de Houéyiho à Cotonou. Mémoire D.I.T EPAC, Université d'Abomey Calavi, Bénin 102 p.