



EVALUATION DE LA CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd et Hg) DANS LES CREVETTES (*macrobrachium vollenhovenii*) DES LAGUNES AGHIEN ET POTOU (SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)

TRAORE A.^{1}, AKE-ASSI Y.², AHOUSI KOUASSI E.¹, SORO N.¹*

¹ Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement,
UFR des Sciences de la terre et des ressources Minières 22 BP 582 Abidjan 22,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte D'Ivoire.

² Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-industrie, LANADA,
Ministère de l'Agriculture, 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire.

**Auteur correspondant, bouareta@yahoo.fr ; aboutraoreat@gmail.com*

RÉSUMÉ

La présente étude a pour objectif de déterminer la concentration des éléments traces (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn et Hg) dans des crevettes (*Macrobrachium vollenhovenii*) provenant des lagunes Aghien et Potou en vue de préserver la santé des populations. De l'acide nitrique a été ajouté à chaque échantillon d'eau. Les échantillons de sédiments ont été minéralisés avec l'acide hydrofluorique (HF) et l'Aqua regia (HNO₃, HCl ; 1:3, v/v). Les échantillons de crevettes ont été minéralisés avec l'acide nitrique (HNO₃) et l'eau oxygénée (H₂O₂). Ensuite, tous les échantillons ont été analysés avec un spectromètre d'absorption atomique (SAA) SpectraAA 110. L'utilisation du SAA a permis de montrer que dans les eaux lagunaires, les concentrations moyennes de Pb (19,17±1,93 µg/L) et de Fe (2640,09±256,22 µg/L) sont supérieures aux normes de l'OMS. Les concentrations moyennes en Cu (61,57±19,36 mg/kg), Fe (63223,57±5244,81 mg/kg) et Hg (1,77±0,08 mg/kg) des sédiments lagunaires sont supérieures aux concentrations des sédiments non pollués. Les concentrations moyennes des éléments traces dans les crevettes sont de 0,34 ± 0,050 mg/kg; 0,02 ± 0,01 mg/kg; 1,12 ± 0,29 mg/kg; 0,04 ± 0,003 mg/kg; 2,21 ± 0,33 mg/kg et 0,71 ± 0,05 mg/kg respectivement pour Pb, Cd, Cu, Zn, Fe et Hg. 27 ± 7,4% de crevettes sont contaminées par le plomb, 24 ± 7,15% par le

cadmium, $38 \pm 8,08\%$ par le cuivre, $70 \pm 7,62\%$ par le fer et $76 \pm 7,15\%$ par le mercure. Toutes les crevettes analysées sont impropres à la consommation humaine. Les facteurs de bioconcentration (FBC) calculés montrent que les éléments traces contenus dans les crevettes proviennent des eaux et des sédiments lagunaires ainsi que des aliments qu'elles consomment. Les ETM qui affectent les habitats des crevettes ont des sources naturelles et anthropogéniques. L'accumulation des éléments traces peut causer plusieurs maladies et dysfonctionnements de l'organisme humain.

Mots clés : éléments en traces métalliques, SAA, crevettes, bioconcentration, anthropogéniques.

ABSTRACT

This study aims to determine the concentrations of heavy metals (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn and Hg) in prawns (*Macrobrachium vollenhovenii*) of lagoons Aghien and Potou in order to protect population's health. Nitric acid was added to every sample of water. Sediments samples were mineralized with hydrofluoric acid (HF) and aqua regia (HNO₃: HCl; 1:3, v/v). Prawns samples were mineralized with nitric acid (HNO₃) and hydrogen peroxide (H₂O₂). Then, all samples were analyzed with atomic absorption spectrometer (AAS) SpectrAA 110. Using AAS allowed showing that in lagoons waters the average concentrations of Pb ($19.17 \pm 1.93 \mu\text{g/L}$) and Fe ($2640.09 \pm 256.22 \mu\text{g/L}$) are higher than WHO standards. The average concentration of Cu ($61.57 \pm 19.36 \text{ mg/kg}$), Fe ($63223.57 \pm 5244.81 \text{ mg/kg}$) and Hg ($1.77 \pm 0.08 \text{ mg/kg}$) in lagoons sediments are superior to the concentrations of not polluted sediments. The average concentration of heavy metals in prawns are $0.34 \pm 0.05 \text{ mg/kg}$, $0.02 \pm 0.01 \text{ mg/kg}$, $1.12 \pm 0.29 \text{ mg/kg}$, $0.04 \pm 0.003 \text{ mg/kg}$, $2.21 \pm 0.33 \text{ mg/kg}$ and $0.71 \pm 7.62 \text{ mg/kg}$ respectively for Pb, Cd, Cu, Zn, Fe and Hg. $27 \pm 7.4\%$ of prawns are contaminated by lead, $24 \pm 7.15\%$ by cadmium, $38 \pm 8.08\%$ by copper, $70 \pm 7.62\%$ by iron and $76 \pm 7.15\%$ by mercury. All the analyzed prawns are unfit for human consumption. Bioconcentration factors show that heavy metals found in prawns come from waters and sediments as well as food they consume. Heavy metals which affect prawns habitats have natural and anthropogenic sources. Heavy metal accumulation can cause several diseases and dysfunctions of human body.

Key words: heavy metals, AAS, prawns, bioconcentration, anthropogenics.

INTRODUCTION

Les polluants résultent des activités humaines et s'introduisent dans les milieux aquatiques où ils sont incorporés dans la faune et la flore. Ils interfèrent avec les processus chimiques et biologiques dans la colonne d'eau et les sédiments (Said et al., 2013). Parmi ces polluants, se trouvent les éléments en traces métalliques qui entrent généralement dans l'environnement aquatique à travers les dépôts atmosphériques, l'érosion de la matrice géologique ou en raison des activités anthropogéniques notamment le rejet des effluents industriels, des eaux usées domestiques et des déchets miniers, l'utilisation des pesticides et des fertilisants inorganiques (Reddy et al., 2007). Ils peuvent provoquer des effets indésirables sur la vie aquatique et sont transmis à l'homme à la suite de la consommation de produits halieutiques contaminés qui causent une détérioration sérieuse de la santé (Ndome et al., 2010; Said et al., 2013). En raison de leur toxicité et de leur accumulation dans l'environnement aquatique, la détermination des concentrations des éléments traces dans les crevettes fait l'objet d'une attention particulière dans plusieurs pays à travers le monde notamment au Nigéria avec Okocha et Adedeji (2011), en Inde avec Meshram et al. (2014), en Turquie avec Kargin et al. (2001), sur l'île Bornéo avec Hashmia et al. (2002), etc. En Côte d'Ivoire, il existe très peu de travaux sur le niveau de contamination des crevettes par les ETM. Seuls Koffi et al. (2004) se sont intéressés aux concentrations en mercure des crustacés du littoral ivoirien. Les lagunes Aghien et Potou sont situées entre 5°18' et 5°27' de latitude Nord et 3°45' et 3°56' de longitude Ouest (Figure 1). Elles sont reliées par un canal naturel qui constitue l'espace de circulation des crevettes entre les deux lagunes. Plusieurs villages et campements sont installés aux environs des eaux lagunaires et la forêt dense qui couvre la zone est détruite et remplacée par de grandes plantations industrielles et villageoises. Le complexe lagunaire Aghien-Potou est une source majeure de poissons et de crevettes pour les populations riveraines et pour celles d'Abidjan. Cette étude a donc pour objectif de déterminer la concentration des éléments traces (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn et Hg) dans des crevettes de type *Macrobrachium vollenhovenii* en vue de préserver la santé des populations.

MATERIEL ET METHODES

Méthode d'échantillonnage

Les échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés dans 16 sites. Les points de prélèvement se répartissent en onze (11) stations sur la lagune Aghien, une (1) à l'embouchure de la Mé et quatre (4) sur la lagune Potou (Figure 1). Les flacons qui devraient contenir les échantillons d'eau ont été préalablement nettoyés au laboratoire avec de l'acide nitrique 65% dilué et ont été rincés avec de l'eau bi-distillée. Les échantillons d'eaux lagunaires ont été prélevés à la surface et au fond des lagunes à l'aide d'une bouteille Niskin et transvasés dans les flacons en polyéthylène rincés au préalable avec l'eau à prélever puis conservés dans une glacière. Les échantillons de sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne Van Veen. Pour éviter toute contamination éventuelle des sédiments, seules les parties qui ne sont pas en contact avec la benne sont prélevées. Les échantillons sont collectés dans des sachets en plastique numérotés et conservés dans une glacière. Par ailleurs, un total de trente-sept (37) crevettes *Macrobrachium vollehovenii* a été collecté sur le plan d'eau lagunaire auprès des pêcheurs le jour où les prélèvements d'échantillons d'eau et de sédiments ont été effectués. Chaque crevette a été emballée dans un sachet en polyéthylène et placé dans une glacière. Après l'échantillonnage, tous les éléments collectés ont été transportés au Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-industrie (LCHAI) du Laboratoire Nationale d'Appui au Développement Agricole (LANADA) pour être analysé.

Traitement et techniques d'analyse des échantillons

Un millilitre (1 ml) d'acide nitrique (HNO_3) concentré est ajouté à chaque échantillon d'un litre d'eau. Les flacons sont hermétiquement fermés et homogénéisés avant leur analyse au Spectromètre d'Absorption Atomique (SAA) SpectrAA 110.

Les échantillons de sédiments ont été séchés à l'étuve à 80°C pendant 24 heures, puis pré-tamisés sur un tamis de maille 2 mm afin d'éliminer les morceaux de coquilles, branches et de feuilles. Ils sont ensuite broyés et tamisés afin d'obtenir une poudre dont les particules ont un diamètre inférieur à 63 μm .

Evaluation de la concentration des éléments traces (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd et Hg) dans les crevettes (macrobrachium vollenhovenii) des lagunes Aghien et Potou

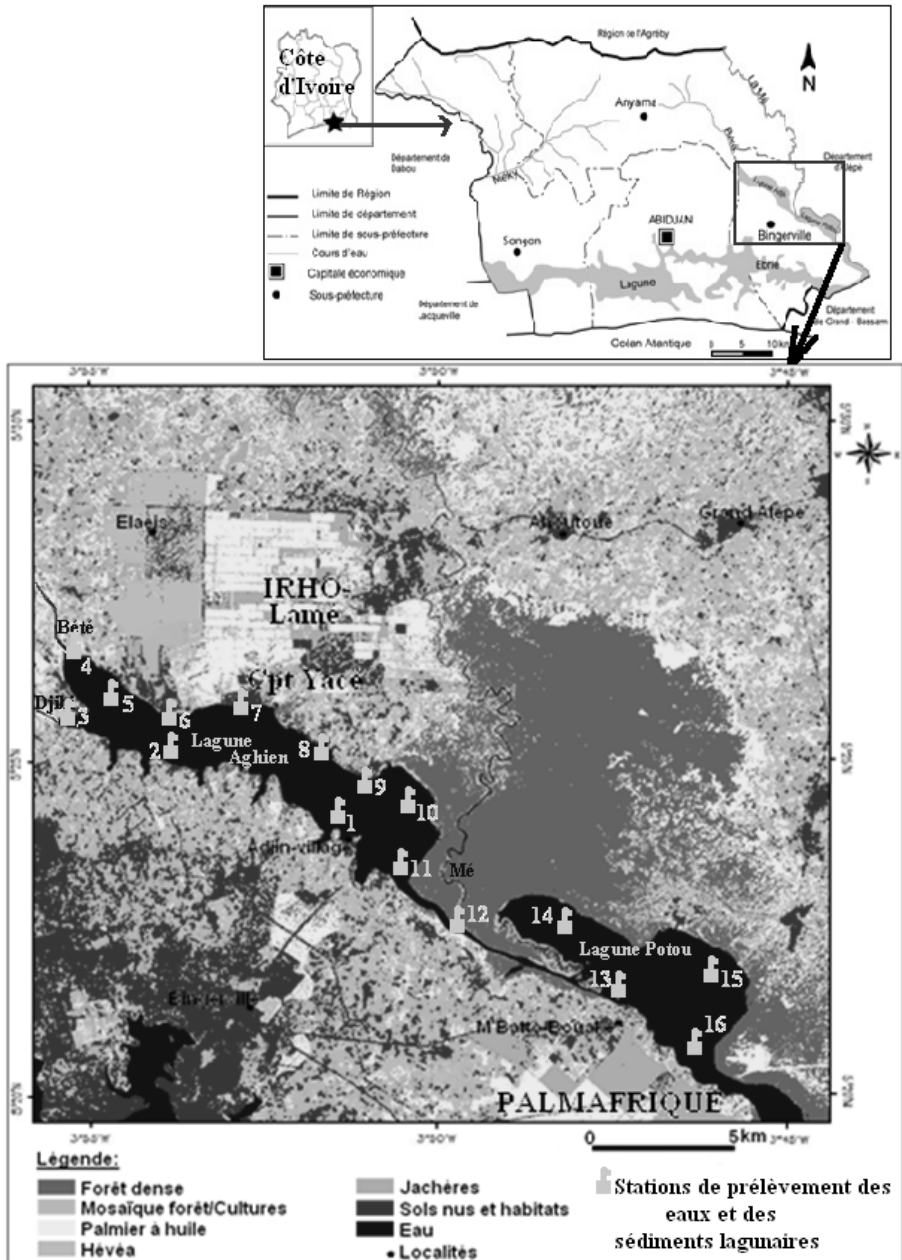


Figure 1 : Localisation des stations de prélèvement

La méthode de digestion utilisée est celle de la décomposition totale préconisée par Tessier et *al.* (1979). Une quantité de 0,5 g de sédiment a été traitée dans des tubes en téflon bouchés avec de l'acide hydrofluorique (HF) en combinaison avec un acide oxydant concentré appelé Aqua regia (HNO₃: HCl; 1:3, v/v) afin de les décomposer. A la fin de l'opération, les solutions d'échantillons ont été conservées dans des flacons en polypropylène pré-nettoyés. Une solution étalon mère contenant 1000 g de métal par litre est préparée pour chacun des éléments à doser (Cu, Fe, Cd, Zn, Pb et Hg).

La taille et la masse des crevettes ont été mesurées. Elles sont extraites de leur exosquelette et broyées. Pour la digestion, la méthode de Zachariadis et *al.* (2005) a été utilisée. On a prélevé 0,5 g d'échantillon frais auquel on a ajouté 5 ml d'acide nitrique (HNO₃) à 65% et 2 ml d'eau oxygénée (H₂O₂) à 30%. La préparation est ensuite placée dans le four à microonde pendant 40 minutes pour assurer la minéralisation qui se traduit par l'obtention d'une solution claire. Le minéralisat est ensuite transvasé dans des fioles puis le volume est complété à 25 ml avec de l'eau bi-distillée pour analyse au SAA de type SpectrAA 110. Une solution étalon mère contenant 1000 g de métal par litre est préparée pour chacun des éléments à doser.

Pour chaque échantillon (eau, sédiment et crevette), la concentration en Fe a été déterminée par la spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (SAAF). Par contre, les concentrations en Pb, Cd, Zn et Cu ont été déterminées par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (SAAE). Le mercure (Hg) a été déterminé uniquement dans les échantillons de sédiment et de crevette par la méthode d'absorption atomique à vapeurs froides.

Estimation de l'intensité de la contamination

L'intensité de la contamination des crevettes est estimée à partir de la comparaison entre les valeurs d'éléments traces déterminées et les valeurs références des concentrations maximales limites de ces éléments dans les crevettes (U.E, 2005; FAO/OMS, 2011).

Calcul du facteur de bioconcentration (FBC)

Le FBC est un paramètre utilisé pour décrire le transfert d'éléments en traces métalliques (ETM) du biotope (eau, sédiments, air, sol) aux organismes. Il est issu du rapport entre la concentration d'un élément en trace métallique dans un

organisme en état d'équilibre et sa concentration dans le biotope (Usha et Vikram, 2012; Asante et *al.*, 2014) comme l'indique l'équation 1:

$$FBC = \frac{\text{Concentration de l'ETM dans l'organisme}}{\text{Concentration de l'ETM dans l'eau ou les sédiments}} \quad (\text{éq1})$$

Si FBC est supérieur à 1, il y a une bioconcentration de l'élément trace et donc son transfert du biotope vers l'organisme.

RESULTATS

Les concentrations moyennes des éléments traces dans les eaux et les sédiments des lagunes Aghien et Potou sont consignées dans le tableau 1. Dans les eaux lagunaires, à l'exception des concentrations moyennes en Pb (19,17±1,93 µg/L) et en Fe (2640,09±256,22 µg/L) qui sont supérieures aux normes de l'OMS, les autres éléments possèdent des concentrations qui restent en dessous de cette norme. Dans les sédiments lagunaires, les concentrations moyennes en Cu (61,57±19,36 mg/kg), en Fe (63223,57±5244,81 mg/kg) et en Hg (1,77±0,08 mg/kg) sont supérieures aux normes pour les sédiments non pollués.

Tableau 1 : Concentrations moyennes des éléments traces dans les eaux et les sédiments du système lagunaire Aghien-Potou.

Eléments traces métalliques	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Hg
ETM (µg/L) dans les eaux lagunaires	19,17±1,93	0,1±0,03	0,15±0,06	0,49±0,01	2640,09±256,22	
ETM (µg/L) (OMS, 2011)	≤ 10	≤ 3	≤ 2000	≤ 50	≤ 300	
ETM (mg/kg) dans les sédiments lagunaires	3,73±0,16	0,2±0,06	61,5±19,36	0,11±0,01	63223,57±5244,81	1,7±0,08
ETM (mg/kg) dans les sédiments non pollués (Calamari et Naeve,1994)	19	0,11	33	95	41000	0,05-0,3
ETM (mg/kg) dans les sédiments non pollués (Kikouama et <i>al.</i> , 2009)	12,65	0,44	24,84	45,13		

Le tableau 2 présente les paramètres statistiques des éléments traces dans les 37 crevettes (*Macrobrachium vollehovenii*). L'analyse de ce tableau montre que la quantité de Pb présente dans les crevettes est comprise entre 0 et 0,99 mg/kg, avec une moyenne de $0,34 \pm 0,05$ mg/kg. Le nombre de crevettes impropres à la consommation humaine est de 10, soit $27 \pm 7,4\%$ des crevettes analysées. La concentration en Cd des crevettes varie de 0 à 0,26 mg/kg, avec une moyenne de $0,02 \pm 0,01$ mg/kg. L'étude montre que 9 crevettes, soit $24 \pm 7,15\%$ des crevettes présentent des teneurs en Cd supérieures à la norme. Dans les crevettes, la concentration en Cu est comprise entre 0 et 7,21 mg/kg, avec une moyenne de $1,12 \pm 0,29$ mg/kg. Aussi, 14 crevettes, soit $38 \pm 8,08\%$ sont-elles impropres à la consommation humaine. Les crevettes ont des teneurs en Zn qui évoluent entre 0 et 0,09 mg/kg, avec une moyenne de $0,04 \pm 0,003$ mg/kg. Aucune crevette ne présente une concentration supérieure à la valeur guide de cet élément. Les concentrations en Fe des crevettes évoluent entre 0,01 et 7,22 mg/kg, avec une moyenne de $2,21 \pm 0,33$ mg/kg. Un total de 26 crevettes, soit $70 \pm 7,62\%$ des crevettes analysées sont impropres à la consommation. Les concentrations en Hg déterminées dans les crevettes oscillent entre 0,31 et 1,53 mg/kg, avec une moyenne de $0,71 \pm 0,05$ mg/kg. 28 crevettes, soit $76 \pm 7,15\%$ des crevettes analysées présentent des teneurs en Hg supérieures à la norme.

Tableau 2 : Concentrations des éléments traces (en mg/kg) dans les muscles de *Macrobrachium vollehovenii* des lagunes Aghien et Potou comparées aux normes internationales

ETM	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Hg
Min.	0	0	0	0	0,01	0,31
Max.	0,99	0,26	7,21	0,09	7,22	1,53
Moyenne ± es	$0,34 \pm 0,05$	$0,02 \pm 0,01$	$1,12 \pm 0,29$	$0,04 \pm 0,003$	$2,21 \pm 0,33$	$0,71 \pm 0,05$
Cv (%)	83,14	202,59	157,48	50,49	89,43	45,38
crevettes impropres (%) ± es	$27 \pm 7,4\%$	$24 \pm 7,15\%$	$38 \pm 8,08\%$	0%	$70 \pm 7,62\%$	$76 \pm 7,15\%$
Union Européenne (2005)	0,5	0,05				0,5
FAO/OMS (2011)	0,3	0,025	0,05-0,5	0,3-1	0,8	0,5

Le tableau 3 montre que le FBC calculé est supérieure à 1 pour le Cd dans une crevette, soit $2,70 \pm 2,70\%$ et pour le Cu dans 23 crevettes, soit $62,16 \pm 8,08\%$. Ces éléments sont retenus dans les muscles des crevettes à partir des eaux lagunaires. Le Cd retenu dans les muscles des crevettes provient aussi des sédiments, avec 1 crevette présentant un FBC supérieur à 1, soit $2,70 \pm 2,70\%$. La contamination des crevettes du système lagunaire Aghien-Potou par les ETM se présente dans l'ordre croissant comme suit: $Zn < Cd < Pb < Cu < Fe < Hg$. Toutes les crevettes analysées possèdent une concentration élevée en un élément trace au moins. Par conséquent, elles sont toutes impropres à la consommation humaine.

Tableau 3 : Résumé des facteurs de bioconcentration des éléments traces des muscles de *Macrobrachium vollenhovenii*

Paramètres	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Hg
Nombre de crevettes contaminés par l'eau	0	1	23	0	0	
Pourcentage de FBC par rapport à l'eau > 1	0%	$2,70 \pm 2,70\%$	$62,16 \pm 8,08\%$	0%	0%	
Nombre de crevettes contaminés par les sédiments	0	1	0	0	0	0
Pourcentage de FBC par rapport aux sédiments > 1	0%	$2,70 \pm 2,70\%$	0%	0%	0%	0%

Le tableau 4 présente les paramètres statistiques de la taille et de la masse des crevettes. Les tailles des crevettes sont comprises entre 9 cm et 14,2 cm, avec une moyenne estimée à $11,21 \pm 0,23$ cm et un coefficient de variation de 12,67%. Leurs masses varient de 9,19 g à 48,21 g, avec une moyenne de $20,76 \pm 1,46$ g et un coefficient de variation de 42,90%. Par ailleurs, il n'existe aucune corrélation significative entre la masse des crevettes, la taille des crevettes et les teneurs en Cd, Hg, Zn, Cu, Pb et Fe des muscles des crevettes (Tableau 5).

Tableau 4 : Paramètres statistiques de la taille et de la masse des crevettes des lagunes Aghien et Potou.

Paramètres	Taille (cm)	Masse (g)
Minimum	9	9,19
Maximum	14,2	48,21
Moyenne \pm erreur standard	$11,21 \pm 0,23$	$20,76 \pm 1,46$
Coefficient de variation (%)	12,67	42,9

Tableau 5 : Relations entre la masse des crevettes, la taille des crevettes et les teneurs en éléments traces des muscles des crevettes

ETM (mg/kg)	Equation de la droite de régression linéaire	Coefficients de détermination entre les ETM et la masse des crevettes	Equation de la droite de régression linéaire	Coefficients de détermination entre les ETM et la taille des crevettes
Cd	$y = -0,000x + 0,028$	0	$y = -0,002x + 0,052$	0,06
Cu	$y = 0,008x + 0,948$	0,03	$y = 0,054x + 0,513$	0,03
Zn	$y = 0,001x + 0,019$	0,46	$y = 0,007x - 0,045$	0,53
Pb	$y = -0,005x + 0,462$	0,18	$y = -0,040x + 0,802$	0,20
Hg	$y = -0,008x + 0,880$	0,23	$y = -0,044x + 1,199$	0,19
Fe	$y = 0,016x + 1,867$	0,07	$y = 0,337x - 1,567$	0,24

DISCUSSION

Les pourcentages de crevettes (*Macrobrachium vollehovenii*) présentant des concentrations en éléments traces supérieures aux normes internationales pour la consommation humaine se répartissent en $27 \pm 7,4\%$ pour Pb, $24 \pm 7,15\%$ pour le Cd, $38 \pm 8,08\%$ pour le Cu, $70 \pm 7,62\%$ pour le Fe et $76 \pm 7,15\%$ pour le Hg. Toutes les crevettes analysées sont impropres à la consommation humaine à cause de la présence dans leurs tissus d'au moins un élément trace en quantité supérieure à la norme requise. Les facteurs de bioconcentration montrent que le Cd provient en partie des eaux et des sédiments lagunaires. Une partie du Cu contenus dans les muscles des crevettes trouve sa source dans les eaux lagunaires. Le Fe, le Zn, le Pb, le Hg et l'autre partie du Cd et du Cu pourraient provenir de l'alimentation des crevettes. Selon les travaux de Jimoh *et al.* (2011), cette alimentation est composée de vers, de vase, de poissons morts, d'escargots, d'alevins, de planctons, de sables, de boues et de détritus. Il n'existe aucune corrélation significative entre la masse des poissons, la taille des poissons et les teneurs en Cd, Hg, Zn, Cu, Pb et Fe des muscles des crevettes. Il n'y a donc pas de biomagnification de ces éléments traces dans les

crevettes. Les teneurs en Pb (0,34 mg/kg), en Cd (0,02 mg/kg), en Cu (1,12 mg/kg) et en Zn (0,04 mg/kg) dans les crevettes du système lagunaire Aghien-Potou sont en deçà de celles obtenues dans les crevettes de la même espèce par Okocha et Adedeji (2011) dans la rivière Asejire au Nigéria, avec 5,22 mg/kg pour Pb, 0,91 mg/kg pour Cd, 72,96 mg/kg pour Cu et 97,40 mg/kg pour Zn. Adedeji et Okocha (2011) ont trouvé également des quantités plus élevées dans la lagune Epe, avec 9,18 mg/kg, 0,83 mg/kg, 54,82 mg/kg et 52,88 mg/kg respectivement pour Pb, Cd, Cu et Zn.

L'eau, les sédiments et les aliments sont les sources de contamination des crevettes par les éléments traces. D'après De Pippo et al. (2004), la pollution de l'eau par les éléments traces peut être liée aux mêmes causes que celle des sédiments. Les pesticides et les fertilisants utilisés dans les plantations qui bordent les lagunes Aghien et Potou sont des sources potentielles d'éléments traces. La zone d'étude est couverte par une végétation abondante constituée de forêts primaires et de plantations. Cette couverture végétale pourrait participer aussi à l'augmentation des concentrations en éléments traces des deux lagunes. En effet, les végétaux peuvent contenir des teneurs élevées en éléments traces liées à leur émission par des activités anthropiques (Yebpella et al., 2011). Selon Gallardo et al. (1998), le pluviollessivage des arbres et la décomposition de la litière entraînent un retour des éléments traces aux sols. Le lessivage de ces sols contaminés entraîne les éléments jusqu'aux plans d'eau lagunaire. Le lessivage des déchets domestiques constitue une source principale des éléments en traces métalliques. Ces éléments se retrouvent dans tous les compartiments des déchets ménagers (Miquel, 2001). Les populations traversent les lagunes à l'aide d'embarcations motorisées qui utilisent du carburant dont les résidus sont déversés dans les eaux. Calamari et Naeve (1994) indiquent que les carburants contiennent du Ni, du Hg, du Cu, du Fe, du Mn, du Pb et du Cd. L'accumulation des ETM peut causer plusieurs maladies et dysfonctionnements de l'organisme humain. L'intoxication au cadmium peut entraîner le dysfonctionnement du système endocrinien et/ou immunitaire chez l'enfant (Schoeters et al., 2006). L'exposition au plomb est liée à un retard dans le développement neurocomportemental (Lidsky et Schneider, 2003). Le Hg a des effets toxiques sur le système cardio-vasculaire (Carmignani et al., 1992).

CONCLUSION

Les eaux des lagunes Aghien et Potou présentent des teneurs élevées en plomb et en fer qui sont souvent supérieures aux valeurs guides de l'OMS. Les sédiments lagunaires sont également pollués par le cuivre, le fer et le mercure. Les crevettes *Macrobrachium vollehovonii* des deux lagunes sont contaminées par les éléments traces. Toutes les crevettes analysées sont impropres à la consommation humaine à cause de la présence dans leurs tissus d'au moins un élément trace en quantité supérieure à la norme requise. La contamination des crevettes se fait par le biais des eaux et des sédiments lagunaires et par les aliments qu'elles consomment. Le pluviollessivage forestier, le lessivage des sols et des déchets domestiques ainsi que le carburant utilisé par les embarcations motorisées sont à la base de l'introduction des éléments traces dans les lagunes Aghien et Potou. La consommation de ces crevettes contaminées peut entraîner de graves problèmes de santé.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-industrie (LCHAI) du Laboratoire Nationale d'Appui au Développement Agricole (LANADA) d'Abidjan.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASANTE F., AGBEKO E., ADDAE G. et QUAINOO A.K. (2014). Bioaccumulation of Heavy Metals in Water, Sediments and Tissues of Some Selected Fishes from the Red Volta, Nangodi in the Upper East Region of Ghana. *British Journal of Applied Science and Technology*, Vol.4, N°4, pp. 594-603.
- CALAMARI D. et NAEVE H. (1994). Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. Document Technique du CPCA. N°25. Rome, FAO, 129 p.
- CARMIGNANI M., BOSCOLO P., ARTESE L., DEL ROSSO G., PORCELLI G., FELACO M., VOLPE A. R. ET GIULIANO G.(1992). Renal mechanisms in the cardiovascular effects of chronic exposure to inorganic mercury in rats. *Br. J. Ind. Med.*, vol.49, n°4, pp. 226-232.

- DE PIPPO T., DONADIO C., GROTTOLA D. et PENNETTA M. (2004). Geomorphological evolution and environmental reclamation of Fusaro Lagoon (Campania Province, southern Italy). *Environment International*, Vol.30, N°2, p.199-208.
- FAO/OMS. (2011). List of Maximum Levels for Contaminants and Toxins in Foods. Joint FAO/WHO food standards programme Codex Committee on Contaminants in Foods. Fifth Session, Hague, Netherlands, 89 p.
- GALLARDO J. F., MARTIN A., MORENO G. et REGINA I. S. (1998). Nutrient cycling in deciduous forest ecosystems of the Sierra de Gata mountains: nutrient supplies to the soil through both litter and throughfall. *Ann. Sci. For.*, Vol.55, pp. 771-784.
- HASHMIA M.I., MUSTAFA S. et TARIQ S.A. (2002). Heavy metal concentrations in water and tiger prawn (*Penaeus monodon*) from grow-out farms in Sabah, North Borneo. *Food Chem.*, Vol.79, N°2, pp. 151–156.
- KARGIN F., DÖNMEZ A. et ÇOĞUN H.Y. (2001). Distribution of heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus monocerus* from the Iskenderun Gulf, Turkey: seasonal variations. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, Vol.66, pp. 102–109.
- KIKOUAMA O. J. R., KONAN K. L., KATTY A., BONNET J. P., BALDÉ L. et YAGOUBI N. (2009). Physicochemical characterization of edible clays and release of trace elements. *Appl. Clay Sci.*, Vol.43, N°1, pp. 135-141.
- KOFFI K.M., BIEGO G.H., AKE-ASSI Y. et AGBO N.G. (2004). Détermination des concentrations en mercure des crustacés du littoral ivoirien. *Cahier de Santé Publique, EDUCI*, Vol.3, N°1, pp. 38-47.
- MESHARAM L.N., UDAWANT S.M., PAWAR S. et MISHRA P.S. (2014). Bioaccumulation of heavy metals (Zn, Pb, Cd, and Ni) in tissues of *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) from India. *International Journal of Advanced Research*, Vol.2, N°3, pp. 548-555.
- LIDSKY T.I. et SCHNEIDER J.S. (2003). Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain*, Vol.126, N°1, pp. 5-19.
- MIQUEL G. (2001). Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 2979 Assemblée Nationale, 366 p.
- NDOME C.B., U.B. EKALUO U.B et ASUQUO F.E. (2010). Comparative bioaccumulation of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd and Cr) by some edible aquatic molluscs from the Atlantic Coastline of South Eastern Nigeria. *Journal of Fish and Marine Sciences*, Vol.2, N°4, pp. 317-321.

- OKOCHA R.C. et ADEDEJI O.B (2011). Heavy metal concentrations in prawns (*Macrobrachium Vollenhovenii*) and Water from Asejire River Southwestern Nigeria. *Advances in Environmental Biology*, Vol.5, N°6, pp. 1359-1363.
- OMS (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization, Fourth Edition; Genève, Suisse, 541 p.
- REDDY M.S., MEHTA B., DAVE S., JOSHI M., KARTHIKEYAN L., SARMA V.K.S., BASHA S., RAMACHANDRAIAH G. et BHATT O. (2007). Bioaccumulation of heavy metals in some commercial fishes and crabs of the Gulf of Cambay, India. *Current Science*, Vol.92, pp.1489-1491.
- SAID M.I.M., SABRI S., AZMAN S. et MUDA K. (2013). Arsenic, Cadmium and Copper in Gastropod *Strombus canarium* in Western Part of Johor Straits. *World Applied Sciences Journal*, Vol.23, N°6, pp. 734-739.
- SCHOETERS G., DEN H. E., ZUURBIER M., NAGINIENE R., HAZEL V. D. P., STILIANAKIS N., RONCHETTI R. et KOPPE J.G. (2006). Cadmium and children: exposure and health effects. *Acta Paediatr. Suppl.*, Vol.95, N°453, pp.50-54.
- TESSIER A., CAMPBELL P.G.C. et BISSON M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, Vol.51, N°7, pp. 844-851.
- UNION EUROPEENNE (2005). Commission regulation (EC) N° 78/2005. *Journal officiel de l'Union Européenne*, L16/43-L16/45, 3 p.
- USHA D. et VIKRAM R. M. (2012). Assessment of heavy metals concentrations in water and four fish species from the Uppanar River at Cuddalore (TAMIL NADU, INDIA). *Continental J. Environmental Sciences*, Vol.6, N°3, pp. 32- 41.
- YEBPELLA G. G., MAGOMYA A. M., UDIBA U. U., GANDU I., AMANA S. M., UGBOAJA V. C. et USMAN N. L. (2011). Assessment of Cd, Cu, Mn and Zn levels in soil, water and vegetable grown in irrigated farm along River Kubani, Zaria, Nigeria. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, Vol.1, N°5, pp. 84-89.
- ZACHARIADIS J. A., SRATIS J. A., KANIYOU A. et KALLIGAS G. (2005). Critical comparison of wet and dry digestion procedures of trace metal analysis of meat and fish tissues. *Mikrochim. Vol.*119, pp. 191-198.