



Évaluation de bioaccumulation des métaux toxiques (pb, cu, mn) dans les espèces de crabes *Callinectes amnicola* et *Cardisoma armatum* consommés avec les légumes d'*Abelmoschus esculentus* dans la basse vallée de l'Ouémé (Benin, Afrique de l'ouest)

Bernadin ELEGBEDE MANOU^{1*}, Hervé LABITE¹, Marc SOHOUNNON¹, A. Yvette DEGUENON², A. Patrick EDORH²

¹ Institut National de l'Eau, Département de l'Eau et Assainissement, Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau, 01BP : 526 Cotonou, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Département de Biochimie et Biologie Cellulaire, Laboratoire de Recherche en Biochimie et Toxicologie de l'Environnement (LaRBiTE), BP 526 Abomey-Calavi, Benin

*Auteur correspondant, courriel : elegbedebem@yahoo.fr

Original submitted in on 1st October 2020. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st October 2020
<https://doi.org/10.35759/JABs.154.8>

RÉSUMÉ

Objectifs : Le présent travail porte sur l'évaluation de la bioaccumulation des métaux toxiques (Pb, Cu, Mn) des eaux, des sédiments, de deux espèces différentes de crabes *Callinectes amnicola* et *Cardisoma armatum*, et de légume *Abelmoschus esculentus* (famille des Malvaceae) et communément appelés Gombo consommés dans la basse vallée de l'Ouémé.

Méthodologie et résultats : Pour ce faire, les teneurs de trois éléments traces métalliques (ETM) à savoir le manganèse (Mn), le cuivre (Cu) et le plomb (Pb) ont été recherchées dans les eaux, les sédiments de sable, le légume et les crabes à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme dans 12 échantillons d'eau et sédiments puis dans 72 échantillons de crabes et 10 échantillons de légumes. Par la suite, une évaluation des risques sanitaires liés à la consommation de ces produits contaminés a été réalisée suivant une démarche standard simplifiée. Les résultats ont montré que tous les légumes *Abelmoschus esculentus* ont des teneurs en Mn et Cu dépassant la réglementation de l'OMS. Les résultats ont révélé également des concentrations en manganèse plus élevées dans les sédiments par rapport aux deux autres échantillons de crabe. Les crabes *Cardisoma armatum* accumulent plus le Cu et Pb que le crabe *Callinectes amnicola*. Les concentrations du plomb (Pb) et Mn sont en deçà des normes fixées par l'OMS. Par contre celles du cuivre et de manganèse dépassent largement la réglementation. Le facteur de bioconcentration (FBC) varie de 0,25 à 0,29 pour Mn, de 0,15 à 0,17 pour Cu et de 0,67 à 0,82 pour Pb. La présence de ces éléments traces métalliques dans les crabes, ne peut résulter que du phénomène de la biodisponibilité dans les sédiments.

Conclusion et application des résultats : En conclusion, on peut retenir que l'évaluation de la bioaccumulation des métaux toxiques dans les aliments a montré que la consommation de crabes et légumes constitue un danger de santé publique pour la population de la basse vallée de l'Ouémé. Il serait indispensable d'attirer l'attention des populations afin qu'elles adoptent une ration alimentaire variée. Ces

résultats devront être un outil d'aide à la prise de décision des autorités au niveau de la santé. La grande recommandation issue des résultats est de procéder à une surveillance sanitaire dans la basse vallée de l'Ouémé en ce qui concerne l'alimentation.

Mots clés : Basse vallée de l'Ouémé (Bénin), bioaccumulation, métaux toxiques, gombo et crabes.

Evaluation of the bioaccumulation of toxic metals (pb, cu, mn) in the consumed crab species *Callinectes amnicola* and *Cardisoma armatum* with *Abelmoschus esculentus* vegetables in the low valley of Oueme (Benin, West Africa)

ABSTRACT

Objective : to evaluate the bioaccumulation of toxic metals (Pb, Cu, Mn) for two different species of crabs (i.e., *Callinectes amnicola* and *Cardisoma armatum*) and of vegetable *Abelmoschus esculentus* (family Malvaceae) commonly called Okra and consumed in the lower valley of the Ouémé.

Methodology and results: To do this, the contents of three metallic trace elements (MTE) manganese (Mn), copper (Cu) and lead (Pb) were sought in water, sand sediment, vegetables and crabs by using a flame atomic absorption spectrophotometer in 12 water and sediment samples and then in 72 crab samples. To search for lead, manganese and copper, an assessment of the health risks associated with the consumption of these contaminated products was carried out using a simplified standard approach. The results showed that all the *Abelmoschus esculentus* vegetables had Mn and Cu contents exceeding the WHO regulations. The results also revealed higher Mn concentrations in the sediment compared to the other two crab samples. *Cardisoma armatum* crabs accumulate more Cu and Pb than the *Callinectes amnicola* crab. The concentrations of lead (Pb) and Mn were below the standards set by the WHO. On the other hand, those of copper and manganese largely exceeded the regulations. The bioconcentration factor (BCF) varied from 0.25 to 0.29 for Mn, from 0.15 to 0.17 for Cu and from 0.67 to 0.82 for Pb. The presence of these metallic trace elements in crabs, can only result from the phenomenon of bioavailability in sediments.

Conclusion and application of results: In conclusion, it can be remembered that the assessment of the bioaccumulation of toxic metals in food has shown that the consumption of crabs and vegetables constitutes a public health hazard for the population of the lower valley of the Ouémé. It would be essential to attract the attention of the populations so that they adopt a varied food ration. These results should be used as a decision-making tool for health authorities. The main recommendation resulting from the results is to carry out health surveillance in the lower valley of the Ouémé with regard to food.

Key words: Lower Ouémé Valley (Benin), bioaccumulation, toxic metals, okra and crabs.

INTRODUCTION

En Afrique, notamment dans le golfe de Guinée, plusieurs études ont révélé une pollution de l'environnement côtier par divers polluants industriels, urbains et agricoles dont les métaux lourds. Ces milieux, sous forte pression anthropiques, constituent des écosystèmes saumâtres et représentent des milieux intermédiaires entre les milieux marins et continentaux (Soro *et al.*, 2009). Le bassin de l'Ouémé à travers ses vallées et le lac Nokoué constitue une grande réserve qui abrite une diversité de faunes aquatiques type faune

ichtyologique comportant plus de 68 espèces dont la consommation est très appréciée par ses nombreuses populations riveraines (Elégbédé *et al.* 2020). Le complexe lagunaire lac Nokoué - lagune de Porto-Novo, classé site RAMSAR (1018), est le plus important plan d'eau continental du Bénin (Aïna *et al.*, 2009) En effet, sa production halieutique représente entre 65 et 70 % de la production des eaux continentales du Bénin (Direction des pêches, 2000). Malheureusement, les activités atrophiques exposent ce milieu aquatique à la pollution des métaux lourds par

transport atmosphérique et à la suite d'érosion due à la pluie (Veena et al., 1997). Ainsi, les animaux aquatiques peuvent se retrouver exposés à des concentrations élevées de métaux lourds (Kalay et Canh, 2000). Les crabes *Callinectes amnicola* et *Cardisoma armatum* souvent assaisonnées aux légumes *Abelmoschus esculentus* sont les deux espèces de crabes les plus consommées dans le delta et la basse vallée du fleuve Ouémé. Encore appelé crabe bicorne, *Callinectes amnicola* est une espèce de crustacé décapode qui vit dans les estuaires, les lagunes et les lacs. Elle est une espèce sédentaire, facilement collectée, rencontrée en toute saison et qui peut accumuler de grandes concentrations de métaux lourds, ce qui fait d'elle un bon bioindicateurs de pollution (Haye et al., 2009). Les crabes *Cardisoma armatum* quant à elles, localement appelés " crabes poilus " sont des décapodes terrestres omnivores vivants dans les milieux humides à proximité des rivages, comme les marais, les mangroves et les berges des cours d'eau (Kaloway et Clauh, 2000). La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds peut être confirmée dans l'eau, les sédiments et les organismes (Forstner et al., 1983). En effet, plusieurs métaux lourds peuvent être dangereux pour la santé des êtres vivants y compris l'Homme lorsqu'ils sont présents dans l'environnement à des concentrations élevées (Fakayode, 2005). Les métaux lourds peuvent alors affecter la faune aquatique, directement en s'accumulant dans leurs corps ou indirectement par transfert par le biais de la chaîne alimentaire. L'accumulation des métaux lourds à travers la chaîne alimentaire provoque chez l'homme de graves pathologies et autres désordres physiologiques souvent très sévères pouvant même conduire à la mort (Fisk et al., 2001 ; Oliva et al. 2001 ; Baldi et al., 2003). Depuis

quelques années, de nombreuses espèces de crustacées sont largement utilisés pour apprécier le degré de contamination des écosystèmes aquatiques (Abdelali et al., 2007). Leur mode de nutrition ou leur pouvoir filtrant permet d'apprécier la concentration du milieu en éléments toxiques, et l'on pourrait donc les utiliser pour la surveillance ou pour estimer les effets des polluants métalliques du milieu aquatique à travers leur pouvoir accumulatif de ces éléments traces à de très fortes concentrations dans leurs tissus. Ainsi, naît le concept d'indicateur biologique ou bio-indicateur, qui permet de révéler la présence d'un déséquilibre au sein de l'écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible ses modifications naturelles, ou provoquées (Benguédou, 2012). Les légumes *Abelmoschus esculentus* (famille des Malvaceae) sont bien appréciés par les populations pour leurs apports importants en éléments nutritifs tels que Mn et en Cu. Ils contiennent beaucoup de vitamines et de nutriments qui protègent l'organisme et aident à prévenir certaines maladies cardiovasculaires et certains cancers. Ils sont des antioxydants. Ce travail de recherche vise donc à étudier l'évaluation du phénomène de bioaccumulation lié à la consommation des crabes retrouvés dans la basse vallée de l'Ouémé. Il permet de connaître la répartition du plomb, du cuivre et le manganèse dans les différents échantillons de crabes. Ceci permet d'aider à l'évaluation des risques particulièrement dangereux pour les organismes aquatiques et par conséquent à la santé humaine. Il était donc important d'évaluer le risque d'intoxication lié à la consommation de certaines espèces aquatiques provenant de la basse vallée de l'Ouémé en vue d'aider à la prévention d'éventuels problèmes sanitaires.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation de la zone d'étude : La Basse Vallée de l'Ouémé est située entre 6°25' et 6°57' de Latitude Nord et 2°21' et 2°38' de Longitude Est au Sud du Bénin dans le Département de l'Ouémé. Elle est

alimentée par le plus grand fleuve du Bénin qu'est le fleuve Ouémé (510 km). Ce fleuve traverse quatre (04) Communes de la Basse Vallée de l'Ouémé à savoir Dangbo, Aguégoués, Adjohoun et Bonou (figure 1).

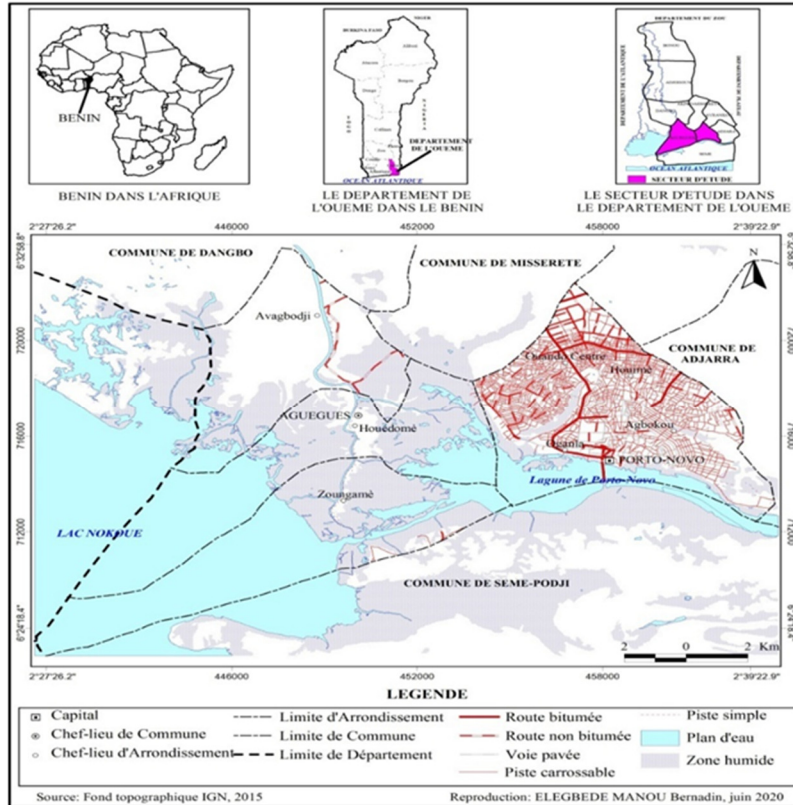


Figure 1 : Situation administrative de la zone d'étude

La Basse Vallée de l'Ouémé, la Lagune de Porto-Novo et le Lac Nokoué forment ensemble une vaste zone humide, la plus grande du Bénin avec 91.600 ha. Elle est protégée par la Convention de Ramsar. Le climat est de type subéquatorial à quatre saisons d'inégale répartition, deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. Le régime hydrologique de l'Ouémé est caractérisé par un débit minimal au mois de mars et un

débit maximal pendant la période de hautes eaux au mois de septembre, mais la période de basses eaux s'étend de janvier à mai inclus. La crue arrive en juin et le débit croît jusqu'en septembre ; il se maintient au voisinage du maximum pendant le mois d'octobre (Adjagodo, 2017). La figure 2 présente les différents sites de prélèvement des échantillons de l'eau, des sédiments et achats des crabes et légumes.

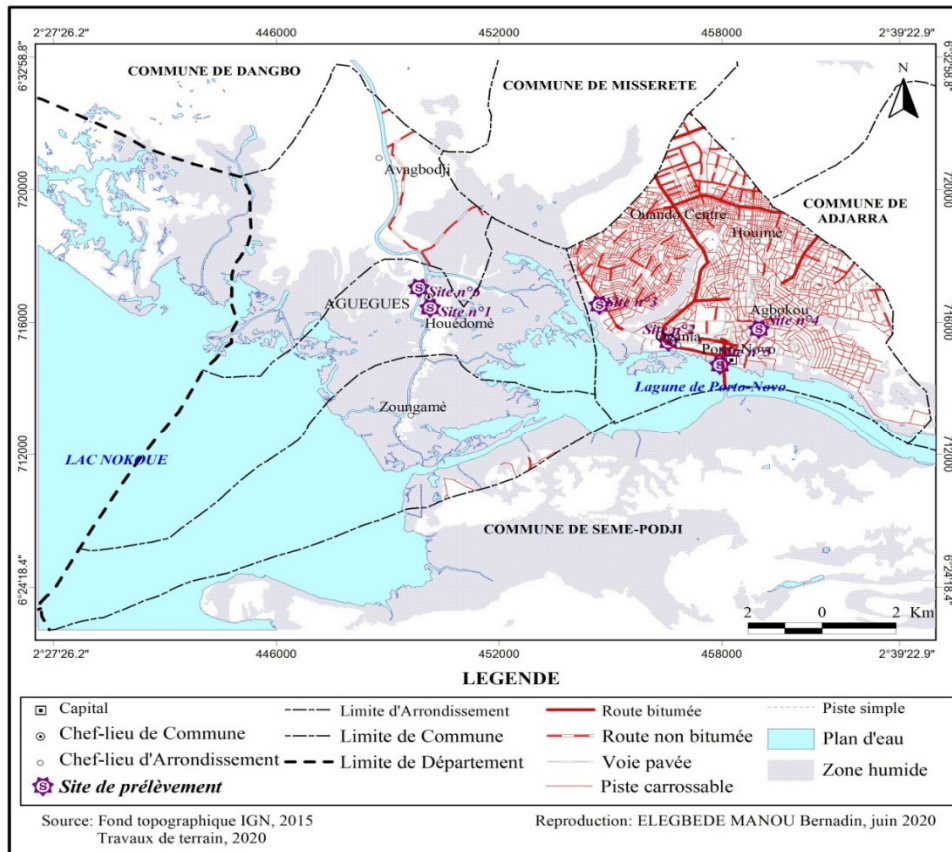


Figure 2 : Sites de prélèvement des échantillons

Matériels de terrain et de laboratoire : Les matériels utilisés pour la collecte des données sur le terrain sont entre autre, le Global Positioning System (GPS) type Carmini qui a permis de prendre les coordonnées géographiques des sites de prélèvement, un spectrophotomètre d'absorption moléculaire HACH LANGE DR 2800, un secoueur VWR, un Kit de dosage de carbone organique HACH, un incubateur HACH LT200. Autres matériels sont des glacières pour la conservation des échantillons, une barque motorisée a assuré le déplacement sur l'eau, des bidons en

plastique de 1,5 L pour les prélèvements d'eau, un préleveur qui a servi à prélever l'eau à divers niveaux et un appareil photo numérique pour la prise des vues instantanées. Quant aux crabes, ils sont directement achetés sur site de prélèvement à raison de 12 par sites constitués d'adultes (mâle et femelle) des deux espèces chez les pêcheurs et conservés à 4°C pour les analyses au laboratoire. Les légumes ont été payés chez les cultivateurs directement sur planche afin de limiter les contaminations (planche 1).



Planche 1 : *Callinectes amnicola* (1.1) ; *Cardisoma armatum* (1.2) et *Abelmoschus esculentus* (gombo variété rouge et verte 1.3, 1.4)

Prise de vue : Elégbédé Manou, mai 2020

Méthodologie de travail au laboratoire : Les prélèvements ont été réalisés respectivement au centre de l'arrondissement de Houédomey, devant hôtel le palais, quartier Djassin-tokpa, devant douane Topka, non loin du ponceau de Porto-Novo et enfin dans le village des Aguégus. Ces prélèvements ont été effectués à environ 30 cm de la surface du plan d'eau par immersion directe de flacons en polyéthylène de 1500 mL. Ces flacons préalablement lavés à l'acide nitrique 10%, ont été rincés abondamment à l'eau distillée. Lors du prélèvement, le flacon a été à nouveau rincé à l'eau du milieu avant d'être rempli puis fermé hermétiquement. Chaque flacon d'eau était acidifié à l'acide nitrique 45 % afin de maintenir le pH inférieur à 2 selon le protocole d'analyse utilisé (Analytical methods, Varian 1989). Les échantillons ont été conservés dans une glacière contenant de la glace permettant de les maintenir à une température voisine de 4°C jusqu'au laboratoire. Quant aux crabes, ils ont été achetés vivants aux différents points de vente et des sites de prélèvement ci-dessus dans la basse vallée de l'Ouémé. Au total 72 crabes ont été échantillonnés en raison de 12 crabes par site. Ces 12

crabes ont été répartis en deux lots de 6 crabes chacun. Chaque lot était constitué de 6 adultes mâles et 6 femelles adultes. Ces spécimens avaient un poids compris entre 95 g et 110 g pour les adultes et entre. Ils ont été conservés dans une glacière contenant de la glace jusqu'au laboratoire où ils ont été disséqués avant d'être incinérés. Au laboratoire, les échantillons réduits en poudre sont incinérés au four à une température de 550°C pendant 24h. La cendre qui en est issue est dissoute dans 2cc HCl, 6N évaporé à 125°C, le résultat qui en résulte est récupéré à l'aide de HNO₃ 0,1M dans une fiole de 100cc et 50cc. La solution obtenue est après dilution dosée par Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Le Calcul des facteurs de bioconcentration (FBC) a été fait selon la formule CASAS (2005)

$$FBC = Co/Ce$$

Co = concentration en éléments traces de l'organisme et

Ce = concentration environnementale (eau). Les deux étant exprimées en mg/kg. L'évaluation des risques sanitaires a été faite selon les (4) étapes suivantes.

✓ Identification du potentiel dangereux

- ✓ Choix des valeurs toxicologiques de référence(VTR)/ Estimation de la Dose-Réponse
- ✓ Evaluation de l'exposition de la Population
- ✓ Caractérisation du Risque

Une évaluation des risques liés à la consommation a conduit au calcul de la Dose Journalière d'Exposition et au calcul du Quotient du Danger pour un adulte de poids corporel de 70 kg et un enfant de poids corporel de 28 kg suivant.

a- La Dose Journalière d'Exposition (DJE) comparée à la Dose Journalière Admissible (DJA)

$$DJE = \frac{C \times Q \times F}{P}$$

avec : DJE = Dose journalière d'exposition aux éléments traces (mg/kg/j);

C = Concentration en éléments traces des crabes (mg/kg) ;

Q = Quantité de crabes ingérée par jour (kg/j) ;

F = Fréquence d'exposition (F = 1); En outre, il sera considéré que l'individu consomme cette quantité de poissons, de légumes et de crabes chaque jour et une fois par jour.

P = Poids corporel de la cible (kg).

b- QD = Quotient du Danger

$$QD = \frac{DJE}{DJA}$$

avec DJA = Dose Journalière Admise (mg/kg/j).

Si QD < 1, la survenue d'un effet toxique est très peu probable ;

Si QD > 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclue.

RÉSULTATS

La concentration moyenne en Mn, Cu et Pb dans les sédiments, dans les eaux et dans les deux espèces de crabes sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1: Teneur moyenne en Mn, Cu et Pb des Eaux, Sédiments, gombo et des deux Espèces de Crabes

Echantillons/Espèces	Mn (mg /L)	Cu (mg /L)	Pb (mg /L)
Eaux	ild	ild	ild
Sédiments	140	39	20
<i>Abelmoschus esculentus</i>	500	600	10
<i>Callinectes Amnicola</i>	600	45	28
<i>Cardisoma Armatum</i>	120	50	35

ild = inférieur à la limite de détection, Source : Travaux de laboratoire, août 2019

Les ETM sont détectées à des concentrations variées dans les sédiments échantillonnés alors qu'ils sont quasiment nuls dans les eaux parce que leurs teneurs sont inférieures au seuil de détection du spectrophotomètre utilisé. Les valeurs enregistrées sont inférieures au seuil de référence du CCME. Pour comprendre le risque sanitaire lié à la consommation de ces deux espèces de crabes, la bioaccumulation a été évaluée à travers la concentration du Mn, Cu et du Pb ainsi que le calcul des facteurs de bioconcentration

comme l'indique le tableau 2. Les teneurs en Mn sont six fois plus élevées chez les crabes *Callinectes amnicola* que celles des *Cardisoma armatum* ; par contre les teneurs en cuivre et en plomb sont significativement (p < 0,05) plus élevées au niveau des *Cardisoma Armatum* qu'au niveau des *Callinectes Amnicola*. Ces concentrations sont au-delà des normes admise par l'OMS (2006) dans les produits halieutiques (1 mg/kg pour Cu et 0,1 mg /kg pour le Pb).

Tableau 2: Facteurs de Bioconcentration de Mn, Cu et Pb des deux espèces de Crabes et de *Abelmoschus esculentus*

Espèces de Crabe	Facteurs de bioconcentration (FBC) =Co/Ce		
	Mn (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)
<i>Abelmoschus esculentus</i>	2,5	3,1	0,5
<i>Callinectes Amnicola</i>	4,29	1,15	1,4
<i>Cardisoma Armatum</i>	0,86	1,28	1,75

Source : Travaux de laboratoire, août 2019

On constate que les métaux sont bio-accumulés de la même manière que les facteurs de bioconcentration ont varié entre les deux espèces de crabe étudiées. La même observation est faite au niveau du légume *Abelmoschus esculentus*. Les espèces du type *Cardisoma Armatum* ont présenté les Facteurs de Bioconcentration (FBC) les plus élevés en plomb (1,75) et en cuivre (1,28) alors que les espèces du

type *Callinectes Amnicola* ont montré le facteur de bioconcentration en manganèse (4,29) le plus élevé. Les deux tableaux 1 et 2 permettent de constater que *Cardisoma Armatum* concentrent plus le plomb avec une teneur moyenne de 35mg/Kg et un facteur de bioconcentration de 1,75. Les résultats de l'évaluation des risques présents dans les tableaux 3, 4 et 5.

Tableau 3 : DJE et QD chez les adultes et les enfants consommant les crabes du type *Callinectes Amnicola*

Eléments traces	Q (kg/J)	C	DJA	P (kg)		DJE (mg/kg/j)		QD	
		(mg/kg)	(mg/kg/j)	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Pb	0,58	28	0,0036	70	28	0,23	0,58	64,44	161,1
Cu		45	0,14			0,37	0,93	2,66	6,7
Mn		600	0,06			4,971	12,43	82,86	207,1

Source : Travaux de laboratoire, août 2019

Tableau 4: DJE et QD chez les adultes et les enfants consommant les crabes du type *Cardisoma Armatum*

Eléments traces	Q (kg/J)	C	DJA	P (kg)		DJE (mg/kg/j)		QD	
		(mg/kg)	(mg/kg/j)	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Pb	1,21	35	0,0036	70	28	0,61	1,51	168,06	420,1
Cu		50	0,14			0,86	2,16	6,17	15,4
Mn		120	0,06			2,07	5,19	34,57	86,4

Source : Travaux de laboratoire, août 2019

Tableau 5: DJE et QD chez les adultes et les enfants consommant les légumes *Abelmoschus esculentus*

Eléments traces	Q (kg/J)	C	DJA	P (kg)		DJE (mg/kg/j)		QD	
		(mg/kg)	(mg/kg/j)	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Pb	0,5	10	0,0036	70	28	0,71	0,07	19,84	49,6
Cu		600	0,14			4,28	8,92	30,61	63,8
Mn		500	0,06			3,571	10,71	59,52	178,6

Source : Travaux de laboratoire, août 2019

Les résultats ont montré que le QD du Pb chez les adultes est égal à 64,44 et de 161,11 chez les enfants qui consomment les espèces de crabe du type *Callinectes amnicola*. Ceux qui consomment les espèces du crabe type *Cardisoma armatum* semblent être plus exposés au plomb avec les quotients de danger de 168,14 pour adultes et 420 pour enfants. Il en est de même pour la consommation des légumes

Abelmoschus esculentus qui présente de 19,85 ; 30,61 et 59,52 pour adultes et 49,6 ; 63,77 et 178,57 respectivement pour le plomb, le cuivre et le manganèse. Ces résultats révèlent des risques sanitaires énormes pour les populations en l'occurrence pour les enfants qui ont des QD très élevés de l'ordre de centaines.

DISCUSSION

Les teneurs moyennes en cuivre et en plomb des sédiments étudiés sont supérieures aux normes fixées par la Directive 76/464/CEE en 2000 qui sont

respectivement de 19 mg/kg et 33 mg/kg pour le plomb et le cuivre (Dédjiho, 2014). Les polluants métalliques en fonction de leurs spéciations chimiques une fois

dans la colonne d'eau peuvent intégrer facilement les sédiments et s'accumuler au fond de l'eau. Ils forment la matrice environnementale la plus importante qui par le phénomène de relargage constituent une source endogène de pollution des eaux et des espèces aquatiques (Dimon et al., 2014). Les teneurs moyennes en cuivre et en plomb des sédiments obtenues dans le cadre de cette étude sont largement supérieures à celles trouvées en 2015 dans la même zone (Arthur, 2015). Cette différence peut s'expliquer par la période de prélèvement ou d'échantillonnage. Cela peut également s'expliquer par le fait que de nos jours les berges lac Nokoué (Tokpa) font état de dépotoirs sauvages, réceptacle des ordures ménagères, des excréta, lieu d'aisance. Elles sont devenues des zones de manipulation des pesticides et des engrais liés aux activités maraichères. Les concentrations en cuivre et en plomb chez les espèces *Cardisoma armatum* sont supérieures à celles obtenues chez les *Callinectes amnicola*. Cette différence de concentration peut être due au mode de vie des deux types d'espèce, il pourrait s'agir également de plusieurs facteurs comme la fréquence d'exposition au métal, sa disponibilité, la capacité migratoire de l'espèce, le régime alimentaire et également le fait que les espèces *Cardisoma armatum* ont plus d'affinité pour les sédiments (Djedje, 2015). *Callinectes amnicola* fréquente exclusivement le milieu aquatique alors que *Cardisoma armatum* fréquente soit le milieu aquatique soit le milieu terrestre où, il possède des capacités lui permettant de s'enfouir dans la vase où les sédiments dont les concentrations en ETM sont plus importants (Djedje, 2015) Ces résultats confirment ceux de Sourou (2017) dans le complexe lac Nokoué-lagune de Porto-Novo. Les sédiments qui sont souvent étudiés comme réservoirs ou puits de nombreux polluants chimiques en particulier les éléments traces métalliques (Hounkpè et al., 2018). Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur la comestibilité des espèces aquatiques fixent les seuils des teneurs en plomb et cuivre, respectivement à 0,1 mg/kg et 1 mg/kg (OMS, 2006). Les résultats obtenus montrent que les crabes *Callinectes amnicola* et *Cardisoma armatum* sont tous contaminés par le Plomb et le cuivre donc la consommation de ces espèces peut avoir un impact négatif sur la santé des consommateurs sur une longue durée. La contamination des faunes aquatiques par les métaux lourds présente un intérêt particulier en raison du risque potentiel pour la pérennité de ces espèces aquatiques et la santé des populations qui les consomment (Youssao et al., 2011 ; Aina et al., 2012 ;

Bastami et al., 2012 ; Kamilou et al., 2014). Pour ce qui est de légume communément appelé gombo, qui de par sa nature renferme assez de Mn, de Cu, il est souvent conseillé pour corriger les carences alimentaires en Mn et Cu. L'élévation des teneurs en ces deux (2) éléments permet de soupçonner une contamination qui serait liée à leur présence de ces métaux dans l'eau d'arrosage et dans les sédiments. Les plats les plus préférés dans la vallée, sont composés de crabes à l'*Abelmoschus esculentus*. Les quotients de dangers relatifs au plomb dans les crabes et légumes pour les enfants sont supérieurs à ceux des adultes et sont tous supérieurs à 1. Le plomb est un élément trace TRES toxiques pour l'homme (Testud, 2005). L'accumulation du plomb dans les crabes et légumes étudiés se révèle très dangereuse, car les enfants qui ont besoin de beaucoup de protéines animales pour leurs croissances sont en même temps très sensibles à l'intoxication chronique au plomb (saturnisme). Ils sont assujettis à l'anémie, à la baisse du quotient intellectuel, aux anomalies congénitales, aux déficits neuro-comportementaux etc. (Bisson et al., 2003). Chez l'adulte, les intoxications chroniques sévères (plombémies > 1500 ig/L) se traduisent par une encéphalopathie saturnique grave. Pour des intoxications moins importantes (plombémies <1000 ig/L), des troubles d'ordre neurologique ont été observés chez l'adulte comme chez l'enfant (Bisson et al., 2003). En outre, le plomb et ses dérivés inorganiques sont considérés comme potentiellement cancérigènes pour l'Homme et les animaux (Lachambre et Fisson, 2007b). Chez les êtres humains, l'OMS recommande de ne pas dépasser la dose journalière (DJA) de 3,6 mg/kg/j (Bisson et al., 2009). Les DJE du plomb relatives aux crabes et aux légumes étudiés sont supérieures au DJA pour les adultes et pour les enfants. Ceci représente un danger pour la santé humaine. La consommation de ces crabes et légumes expose par conséquent, les consommateurs à de potentiels dangers liés à leurs teneurs en Pb, pour leur santé. Les quotients de dangers du cuivre relatifs aux crabes chez les enfants et chez les adultes sont tous inférieurs à 1. Par ailleurs les quotients de dangers enfants et adultes liés à la consommation du gombo sont supérieurs à 1. Le cuivre, à très faible dose est un oligo-élément indispensable à la vie. Il devient toxique à dose très élevée et cause ainsi chez l'Homme la maladie de Wilson (Plumlee et al., 2003). Chez les êtres humains, l'OMS recommande de ne pas dépasser la dose journalière (DJA) de 0,14 mg/kg/j (Bisson et al., 2009). Le manganèse est nécessaire à l'Homme. Il est

aussi toxique lorsque des concentrations trop élevées sont présentes dans le corps humain. L'exposition chronique au manganèse entraîne la maladie de Parkinson, des problèmes de nerfs, un manque de mémoire. Chez les êtres humains, l'OMS recommande de ne pas dépasser la dose journalière (DJA) de 0,06 mg/kg/j (Bisson et al., 2009). Les quotients de dangers du manganèse liés au *Abelmoschus esculentus* chez les enfants et chez les adultes sont remarquablement supérieurs à 1. Ceci représente un danger pour la

santé humaine. Les quotients de dangers du plomb, du cuivre et du manganèse lié aux crabes étudiés sont tous largement supérieur à 1. De plus les quotients de dangers des ETM liés à la consommation des crabes *Cardisoma armatum* sont nettement supérieurs à ceux du *Callinectes amnicola* à l'exception du Manganèse. La consommation des crabes *Cardisoma armatum* expose plus la population aux effets toxiques du plomb et du cuivre que la consommation des crabes *Callinectes amnicola*.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Le présent travail a permis de ressortir les dangers que constituent la pollution des lacs pour la faune aquatique et les conséquences qui en découlent pour la santé de la population, en l'occurrence les plus jeunes. En effet, les QD chez les enfants sont tous supérieurs à ceux des adultes. Les enfants restent donc les plus exposés aux éléments traces métalliques en raison de leur faible poids corporel et de leur fragilité sur le plan

physiologique étant donné que les contaminants sont facilement absorbés dans leur organisme (RCAP, 1996, Elégbedé Manou et al., 2020). L'organisme des enfants absorbe potentiellement plus de contaminants et reste incapable de les éliminer aussi facilement que les adultes vu que leurs systèmes d'élimination sont moins développés (Hounkpatin et al., 2007, Sohounnon et al., 2020).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.S., (2014). Caractères généraux et étude histologique du développement embryonnaire du crabe terrestre, *Cardisoma armatum*, herklots, 1851 (Decapoda : gecarcinidae) de Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 10 (2) : 338-355.
- Adam O., (2016). Evaluation de la teneur en métaux lourds, dans les tissus du tilapia du nil (*Oreochromis niloticus*) et du poisson chat africain (*Clarias* sp.) d'eau douce du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en vulgarisation agricole.
- Adandédji F., (2012). Spéciation chimique du mercure dans les sédiments du lac Nokoué. Mémoire de master professionnel en Hydrologie. FAST/UAC.63p.
- Agossou, G., Ahouansou, T., Aly, D. et Assogba-Komlan, F., (2001) .*Etude sur la promotion de la filière des cultures maraîchères au Bénin. Rapport principal*, MAEP. Bénin, 102 p.
- Aina M.P., Matejka G., Mama Yao B., Moudachirou M., *International journal of environmental science and technology*, (2009) 6(1), 159-165.
- Aina M.P., Degila H., Chikou A., Adjahatode F., et Matejka G., (2012) Risk of intoxication by heavy metals (Pb, Cd, Cu, Hg) connected to consumption of some halieutic species in Lake Nokoué: case of the *Penaeus* shrimps and the *Sarotherodon melanotheron*, *British Journal of Science*, 5 (1): 104-118.
- Alassane A., (2004). Etude hydrogéologique du Continental Terminal et des formations de la plaine littorale dans la région de Porto-Novo (sud Bénin). Identification des aquifères de la nappe souterraine. Mémoire pour l'obtention du doctorat, 145p.
- Alloway, B.J. et Ayres, D.C., (1997). *Chemical Principles of Environmental Pollution*. Blackie Académie and Professional, an imprint of Chapman and Hall, London, 394 pp
- Apostoli P., Lucchini R., et Alessio L., (2000). Are current biomarkers suitable for the assessment of manganèse exposure in individual workers ? *Am. J. Ind. M.* 37, 283-172.
- Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE.), (2003), Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, 60p.
- Assogba K. F., (2010). *The production and commercialization of traditional vegetables*. In Achigan E. (éd.), Pasquini M. (éd.), Assogba Komlan F. (éd.), Ndanikou S., Dansi A., Ambrose-Oji B.. *Traditional vegetables in Bénin : diversity, distribution, ecology, agronomy, utilization*. Imprimerie LSSEE/ INRAB/Bénin, pp. 80-85.éd.

- Babatunde E.E., (2008). The fishery and bionomics of the swimming crab, *Callinectes amnicola* (De Rochebrune, 1883) from a Tropical Lagoon and its Adjacent Creek, Southwest, Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 3 (2): 114-125.
- Baldi L., Lebailly P., Mohammed-Brahim B., Letenneur L., Dartigues J.F., et Brochard
- Bastami A.A., Khoei J.K., Esmailian M., (2012). Bioaccumulation of heavy metals in sédiments and crab, *Portunus pelagicus* from Persian Gulf, Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 12(6): 886-892.
- Biney C, Amuzu A.T., Calamari D., Kaba N., Mbome L.L, Naeve H., Ochumba O., Osibanjo O., Radeconde V., Saad M.A.H., (1994). Etude des métaux lourds. *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain*, FAO, (25) : 37-67.
- Bisson, M., S. Vivier, B. La Rocca et C. Gourland, (2009), Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), RAPPORT D'ÉTUDE 17/03/2009, N° DRC-08-94380-11776C, INERIS, [En ligne] URL : <http://www.ineris.fr/hml>, consulté le 10/04/2012.
- Bleu., Kouadio N., Koffi K.M., Goné D.L., Ouattara A., et Gouréne G, (2011) Contamination en Plomb de *Sarotherodon Melanotheron* (Riipel, 1852) et *Tilapia Guineensis* (Giinther, 1862) au Niveau du Système Lagunaire de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*. Vol 3: p. 342-349.
- Bonde JP, Hjollundnhkolstad HA, Abell A, et Larsen SB. Environmental semen studies~is infertility increased by a decline in sperm count? *Scand J Work Environ Health* 1999, 25 (Suppl 1): 12-16
- Cakpo R. A., (2015). Etude de la pollution chimique, de la toxicité des sédiments et poissons et de la cytogénotoxicité des eaux et poissons d'une lagune tropicale : Cas de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). Thèse de doctorat, Formation Doctorale Chimie et Applications (FAST) UAC, Bénin ; 200p.
- Casas S., (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis* en milieu méditerranéen, thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon Var France, 301 p + annexe.
- Chanel O., Géniaux E., Rychen F., Denau C, et Ghattas B., (1999). « Evaluation monétaire des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé application à l'Île-de-France »
- Chen C.Y., Stemberger R.S., Klaue B., Blum J.D., Pickhardt C, et Folt CL., (2000) Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 45 (7): 1525-1536.
- Chouti W., Mama D., Changotade O., Alapini F., et Boukari M., (2010b) Etude des éléments traces métalliques contenues dans les sédiments de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). *Journal of Applied Biosciences*, 34: 2186-2197.
- Chouti W., Mama D., et Alapini F., (2010a). Etude des variations spatio- temporelles de la pollution des eaux de la lagune de Porto- Novo (sud Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4 (4): 1017-1029.
- Coste J., Job-Spira N., Aublet-Cuvelier B., Germein E., Glowaczower E., Fernandez
- Cumberlidge N., (2006). Description des espèces de crustacés collectées dans le NordOuest de la Guinée : Rapid Assessment Program (RAP). *Bulletin of Biological Assessment*, 41, Annexe 3, pp 168-175, Conservation International, Washington DC.
- Dèdjiho A., (2014). Etude diagnostique de la pollution chimique des plans d'eau du complexe lagunaire du sud-ouest du Bénin : Cas du lac Aheme-Gbezoume. Thèse de doctorat, Formation Doctorale Chimie et Applications (FAST) UAC, Bénin ; 125p
- Dessouassi CE., (2014). Exploitation du crabe *Callinectes amnicola* (De Rochebrune, 1883) au lac Ahémé (Sud-Bénin) et données préliminaire sur la biologie de l'espèce. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de master spécialisé en aménagement des pêches et aquaculture, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 86 pp.
- Dimon F., Dovonon F., Adjahossou N., Chouti W., Mama D., Alassane A., Boukari M.,(2014). Caractérisation physico- chimique du lac Ahémé (sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic. *Journal de la Société Ouest- Africaine de Chimie*, 037 : 36-42.
- Direction des Pêches (2000) : Rapport Annuel d'activité

- Ministère de l'Agriculture, Elevage et Pêche, Bénin
- Ekengele N.L., Oumar B., et Balla O.A.D., (2014). Evaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*, 10 (2) : 184- 198
- El Bouhali B., Bennasser L., Nasri L., Gloaguen V., Mouradi A., (2008) Contamination métallique de *Gambusia holbrooki* au niveau du lac fouarat et de l'estuaire sébou dans la région du gharb (Maroc). *Afrique Science*, 04 (3): p. 41-425.
- Elegbede Manou B., Sohounnon M., Dovonou F., Koumoulu L., Edoth A. P., (2020). Évaluation des risques d'intoxication alimentaire liés à la consommation des produits halieutiques du lac Nokoué, Bénin, *Afrique de l'Ouest, Afrique SCIENCE* 16(5) (2020) 292 - 302 292, ISSN 1813-548X
- Elegbede I.O., et Fashina-Bombata H.O., (2013). Proximate and Mineral compositions of common crab species (*Callinectes pallidus* and *Cardisoma armatum*) of Badagry Creek, Nigeria. *Poultry, Fisheries and Wildlife Sciences*, 2 (1): 1 -5.
- Etchian OA, Dakouri R, Blé CM, Lawal-Are AO, et Cuesta AJ. (2016) Some ecological aspects of the gecarcinid land crab, *Cardisoma armatum* Herklots, 1851 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidae) from the estuarine region of the Comoe River, Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(2): 457-474. DOI :
- FAO (2003). L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Fergusson, J.E., (1990). The heavy elements chemistry, environmental impact and health effects, 1. Pergamon Press, Oxford, 614 pp.
- Fisk A.T., Hobson K.A., et Norstrom R.J., (2001). Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the northwater polynya marine food web. *Environmental Sciences and Technologies*, 35 : 732-738.
- Forstner IL, et Wittmann G.T.W., (1983). *Métal Pollution in Aquatic Environment*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 486.
- Gay G., S. Denys, B. Doornaert, A. Coftier, B. Hazebrouck, N. Lever, M. Kimmel, et F. Quiot, (2007), Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques, Convention 03 75 C 0093 et 06 75 C0071, ADEME /SYPREA / FP2E/INERIS, 45p.
- Gnimadi A., Egboou P., Dessouassi E., et Gbaguidi A., (2008). Analyse de la chaîne de valeur sur la filière crabe (*Callinectes* et *Cardiosoma*) au sud du Bénin. Programme pour les Moyens d'Existence durables dans la Pêche (PMEDP)/DP/MAEP. Interface Afrique. 108p.
- Guidi S.M.G., (2007). Analyse socio-économique de la consommation des légumes à Cotonou: contraintes, attitudes et opportunités. Thèse Diplôme d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 73 p.
- H. Incidence of ectopic pregnancy. First results of a population-based register in France. *Human. Reprod* 1994 ; 9 :742-745.
- Harte J., Holdren C, Schneider R., et Shirley C, (1991) *Toxics A to Z, A Guide to Everyday Pollution Hazards*. University of California Press, Oxford, England, p. 478. Haye C.V., Dongui B.K., Pellerin J. et Tokourey A., (2009). Pollution évaluation in the estuary bay of Bietri (Abidjan, Côte D'Ivoire). *Journal of Oceanography, Research and Data*, 2:1-11.
- Hinvi L.C., Sohou Z., Agadjihouédé H., Laleye P., et Sinsin B., (2013). Domestication de *Portunus validus* et *Callinectes amnicola* au Bénin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo), série (A)*, 15 (2) : 13-22.
- Hounkpatin A.S., Edoth A.P., Sèzonlin M., Guédénon P., Elégbédé B., Boni G., Dougnon V., Montcho S., Kéké E., et Boko M., (2012). Pollution of aquatic ecosystems by heavy metals at Ganvié's lacustrine city (Bénin). *International Research Journal of Biotechnology*, 3 (6): 81-87.
- Hounkpè J. B. Kelome N. C. et Chouti W., (2008). Fractionnement géochimique des éléments traces métalliques (ETM) dans les sédiments du Delta de l'ouémé au Bénin, 14(9) 1-14.
- Hountogan M., (2011). Diversité et exploitation des crabes du Lac Nokoué au Bénin. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de master professionnel en gestion des ressources naturelles et de la biodiversité, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 86 pp Joffe M., Key J., Best N., Keiding N., Scheike T., et Jensen T.K., Studying time to

- pregnancy by 38 use of a retrospective design. Am J Epidemiol 2005, 162 : 115-124
- Kaki C, Guedenon P., Kelome N., Etorh P.A., et Adechina R., (2011): Evaluation of heavy metals pollution of Nokoué Lake. African Journal of Environmental Science and Technology, 5 (3): 255-261.
- Kamilou O.S., Hodabalo D.S., Kissao G., Komlan M.A., Eso J.B., (2014): Evaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire Togolais. Vertigo, 14 (2): 1 - 18.
- Lawani R. et Agassounon A., (2007): Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surfaces en République du Bénin. Journal Larhyss, 173-190, 2007.