



## Evaluation de la contamination métallique des sédiments et des crabes (*Callinectes amnicola*) du Lac Ahémé au sud Bénin

Donatien DOSSOU<sup>1</sup>, Hervé Kouessivi Janvier BOKOSSA<sup>2,3</sup>,  
Elias Alexandre Sètonджи ADANLOKONON<sup>1,2\*</sup>, Yaovi ZOUNON<sup>2</sup>, Steven Mahougnon  
Idelphonse ADANLOKONON<sup>4</sup>, Roch Christian JOHNSON<sup>3</sup>, Emile Didier FIOGBE<sup>2</sup> et  
Patrick EDORTH<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LaRbITE: Laboratoire de Recherche en Biochimie et de Toxicologie de l'Environnement/Université  
d'Abomey-Calavi, 03 BP 0994 Jéricho-Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup> LRZH: Laboratoire de Recherches sur les Zones Humides/Université d'Abomey-Calavi, 01B.P. 526 Cotonou,  
Bénin.

<sup>3</sup> Laboratoire d'Hygiène, Assainissement, Ecotoxicologie et Environnement Santé (HECOTES) du Centre  
Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),  
Université d'Abomey-Calavi, 03 BP: 1463 Cotonou, Bénin.

<sup>4</sup> Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Université d'Abomey-Calavi.

\* Auteur Correspondant ; E-mail : [aeaset22@gmail.com](mailto:aeaset22@gmail.com); Tél: +22966261175

Received: 13-02-2022

Accepted: 02-09-2022

Published: 31-10-2022

### RESUME

Le lac Ahémé est l'un des plans d'eau du Bénin soumis à d'intenses pressions anthropiques à l'origine de diverses formes de pollution. Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité sanitaire des crabes (*Callinectes amnicola*) prélevés dans le lac Ahémé au Sud du Bénin exposé à de multiples sources de pollution. Trois Eléments Traces Métalliques (Pb, Cu, Zn) ont été analysés dans les sédiments et les crabes à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique DR 2800. L'analyse des données enregistrées a montré que les crabes ont été fortement contaminés par les ETM. En effet, les valeurs de Plomb, de Zinc et de Cuivre (respectivement 20,944±11,237 ; 30,565±5,954 et 59,915±12,597) enregistrées pendant les deux saisons (Basses Eaux et Hautes Eaux) dans les crabes sont largement supérieures aux normes (respectivement 0,1 ; 5 et 1). En ce qui concerne les sédiments, les plus fortes concentrations de Plomb (21,316 mg/kg) et de Cuivre (512,92 mg/kg) ont été enregistrées à DOYI et celle du Zinc (65,74 mg/kg) à KPETOU.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Crabes, contamination, Eléments Traces Métalliques, lac Ahémé, pollution.

### ABSTRACT

Lake Ahémé is one of the bodies of water in Benin subject to intense anthropogenic pressures that cause various forms of pollution. This study was carried out to assess the health quality of crabs (*Callinectes amnicola*) collected from Lake Ahémé in southern Benin exposed to multiple sources of pollution. Three Metallic Trace Elements (Pb, Cu and Zn) were analyzed in the sediments and the crabs using a DR 2800 atomic absorption spectrophotometer. The analysis of the recorded data showed that the crabs were highly contaminated by ETMs.

Indeed, the values of Lead, Zinc and Copper (respectively  $20.944 \pm 11.237$ ,  $30.565 \pm 5.954$  and  $59.915 \pm 12.597$ ) recorded during the two seasons (Low Water and High Water) in the crabs are well above the standards (respectively 0.1; 5 and 1). With regard to sediments, the highest concentrations of Lead (21.316 mg/kg) and Copper (512.92 mg/kg) were recorded at DOYI and that of Zinc (65.74 mg/kg) at KPETOU.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Crabs, contamination, Pollution metallic mark/ trace elements, Lake Ahémé,

## INTRODUCTION

Les processus naturels, tels que l'altération des roches et l'érosion des sols ; les perturbations anthropiques y compris les activités urbaines, industrielles, agricoles, le rejet d'eaux usées non traitées et les décharges sont les principales sources de contamination des sédiments par des éléments traces métalliques (ETM) (Gopal et al., 2018 ; Lin et al., 2018). Ces ETM constituent une menace sérieuse en raison de leur toxicité, de leur longue persistance, de leur bioaccumulation et de leur bioamplification dans la chaîne alimentaire (Togue et al., 2017). En effet, la problématique du transfert des contaminants métalliques de l'environnement vers la chaîne alimentaire est une source d'inquiétudes et un sujet de nombreuses recherches à travers le monde (Falasi, 2018). Les différentes études réalisées au Cameroun (Ekengle et al., 2014), au Congo (Nzapo et al., 2018 ; Mata et al., 2020), en Côte d'Ivoire (Koné et al., 2007), au Ghana (Obodai et al., 2011), en Guinée (Onivogui et al., 2013), au Niger (Tankari et al., 2014), au Nigéria (Obasohan et al., 2006), au Tchad (Kayalto et al., 2014), au Togo (Gnandi et al., 2007 ; Mélila et al., 2013) ont révélé une contamination des différents compartiments des écosystèmes aquatiques (eau, sédiments et espèces aquatiques) par les éléments traces métalliques. Au Bénin, la dégradation de l'état de santé des écosystèmes paraît plus catastrophique. Plusieurs études (Chouti et al., 2010 ; Edoth et al., 2011 ; Kaki et al., 2011 ; Hounpkatin et al., 2012 ; Dimon et al., 2014) ont montré que la contamination des différents compartiments aquatiques béninois par les micro-polluants métalliques est une réalité. Les poissons, les crevettes et les huîtres ont également fait l'objet d'évaluation (Youssao et al., 2011 ; Aina et al., 2012 ;

Guédenon et al., 2012 ; Megnon et al., 2012 ; Yehouenou et al., 2013). Le lac Ahémé soumis également à d'intenses pressions anthropiques expose ses ressources naturelles dont crabes (*Callinectes amnicola*) à diverses formes de polluants dont les ETM. La présente étude vise donc à évaluer la qualité sanitaire des crabes (*Callinectes amnicola*) prélevés dans le lac Ahémé au Sud du Bénin exposé à de multiples sources de pollution.

## MATERIEL ET METHODES

### Zone d'étude

Avec une superficie de 8500 ha, le lac Ahémé est le plus vaste plan d'eau après le lac Nokoué (15 000 ha) (Pliya, 1980). Il communique avec le fleuve Couffo en amont avec la mer, en aval avec le fleuve Mono et la lagune côtière par le chenal Ahô (Amoussou, 2004), ce dernier reliant les lagunes côtières de Ouidah et de Grand-Popo. Il fait partie du système lagunaire du Sud-Bénin. Le lac Ahémé est compris entre les parallèles  $6^{\circ}20'$  et  $6^{\circ}40'$  latitude Nord et les méridiens  $1^{\circ}55'$  et  $2^{\circ}$  longitude Est. Il s'étend suivant une direction Nord Est- Sud-Ouest entre Tokpa-Domè et Guézin, puis une direction Nord-Sud entre Bopa et Tokpa-Domè (Roche International, 2000). Ce lac est situé dans une vallée encaissée, ennoyée, transformée en ria, et dont la communication avec la mer a été obstruée par l'apparition d'un cordon littoral (Pliya, 1980).

### Choix, description des stations et période d'échantillonnage

Deux campagnes d'échantillonnage ont été effectuées. Les points de prélèvement ont été établis en tenant compte des activités se déroulant sur les rives du lac, telles que le déversement des déchets (ordures ménagères,

eaux usées, excréta), les activités de pêches (acadja), les déchets plastiques, le renversement accidentel des véhicules de transports d'hydrocarbures. Ainsi dit, Kpétou, Doyi et Guézin sont les points de prélèvement retenus. Les échantillons (sédiments) ont été collectés aux mêmes endroits à chaque fois. Par ailleurs la période d'échantillonnage est définie en tenant compte du niveau d'eau dans le lac, ceci compte tenu des saisons. Le Tableau 1 et la Figure 1 renseignent respectivement sur les Coordonnées géographiques et la position des sites de prélèvement.

**Méthodologie de l'étude**

**Prélèvements des échantillons de sédiments et des Crabes**

Les échantillons de sédiments sont collectés au niveau des habitats de pêche du crabe *Callinectes amnicola*. Ces échantillons ont été collectés entre 0 et 10 cm de profondeur à l'aide d'une benne ECKMANN préalablement ouverte et que l'on ferme une fois de la main dans des sachets en plastique numérotés et indiquant également la station de prélèvement. Ces échantillons automatiquement emballés dans des sachets stériles en polyéthylène et étiquetés. Les crabes *Callinectes amnicola* collectés au niveau de la zone d'étude retenue. A chaque échantillonnage, 10 crabes sont collectés. Les échantillons de crabes sont conditionnés dans une glacière contenant la glace et conservés

ensuite au réfrigérateur à 04°C jusqu'aux dosages des éléments traces métalliques. Le Tableau 2 présente les méthodes utilisées pour doser les ETM (la plomb, le zinc et le cuivre).

**Analyse des données**

Après vérification de la normalité et de l'homogénéité des données relevées sur le terrain par le test de Shapiro-Wilk et le Test de Sphéricité, une analyse des variances à deux facteurs a été réalisée considérant les stations d'échantillonnage et les périodes d'échantillonnage. Les moyennes calculées ont été comparées au test SNK (Student Newman Keuls) au seuil de 5% afin de relever les différences entre les paramètres physicochimiques entre les stations et les périodes au niveau des sédiments et des crabes. Afin d'évaluer le niveau de transfert des éléments traces du milieu vers l'organisme, des **Facteurs de Bioconcentration (FBC)** ont été calculés aussi bien par rapport à l'eau qu'aux sédiments. Ces FBC sont exprimés selon l'équation suivante (Ben Salem et al., 2014, Jayaprakash et al., 2015 , Zhang et al., 2015).

$$FBC = \frac{C_{tissus}}{C_{eau}} \quad \text{Ou} \quad FBC = \frac{C_{tissus}}{C_{sédiment}}$$

Avec C<sub>tissu</sub> la concentration de l'élément trace dans le tissu et C<sub>eau</sub>/C<sub>sédiment</sub> est la concentration du même élément trace dans l'eau ou dans le sédiment.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel Statistica 6.1.

**Tableau 1 :** Sites de prélèvement des sédiments du lac Ahémé.

Sites	Noms des stations	Coordonnées géographiques
1	Kpétou	N6°2839,62' ; E6,529988
2	Doyi	N6°2335,46'; E6,393184
3	Guézin	N6°2350,2868' ; E6,397302

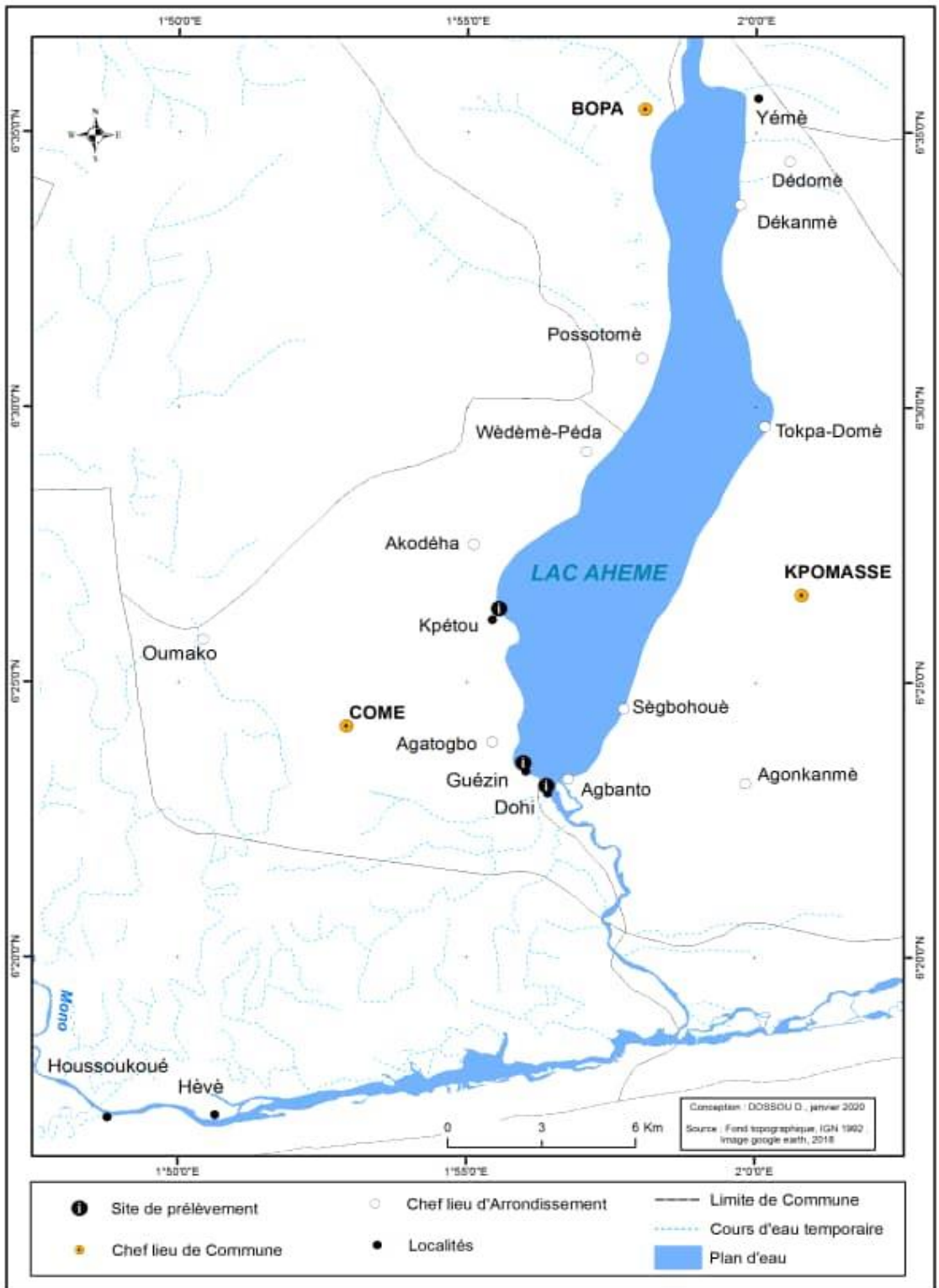


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement des échantillons de Crabes et de sédiments.

**Tableau 2 :** Principes de dosage des métaux lourds dans les échantillons au laboratoire.

Paramètres	Méthodes
Plomb	Après la phase de minéralisation il faut utiliser <b>la méthode dithizone</b>
Cuivre	Après la phase de minéralisation il faut utiliser la <b>méthode Bicinchominate</b>
Zinc	Après la phase de minéralisation il faut utiliser la <b>méthode ZINCOVER</b>

## RESULTATS

### Variation spatio-temporelle des concentrations en éléments métalliques dans les sédiments

Les Figures 2, 3 et 4 présentent respectivement les variations des concentrations de Zinc, du plomb et du Cuivre des sédiments du lac Ahémé en fonction des stations d'échantillonnage et des saisons.

Les valeurs des ETM enregistrées pendant les deux périodes d'échantillonnage varient d'une station à une autre et d'une saison à l'autre. Pendant les basses eaux les valeurs enregistrées pour le Plomb ; le Zinc et le Cuivre varient respectivement de 21,31 mg/Kg à 11,338 mg/Kg ; 39,76 mg/Kg à 2 mg/Kg et 742 mg/Kg à 347,91 mg/Kg. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées respectivement à DOYI ; GUEZIN et KPETOU. Pendant les hautes eaux les valeurs enregistrées de ces ETM varient de 11,821 mg/Kg à 9,276 mg/Kg ; de 65,74 mg/Kg à 25,74 mg/Kg ; et de 454 mg/Kg à 153,39 mg/Kg. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées respectivement à DOYI pour le plomb et le Zinc et pour le Cuivre à GUEZIN ; par contre les valeurs les plus faibles ont été enregistrées à KPETOU pour le Plomb et le Zinc ; et à DOYI pour le Cuivre.

### Bio-contamination des crabes par les ETM dans le lac Ahémé

Les Figures 5 6 et 7 présentent respectivement les variations des

concentrations de Zinc, du plomb et du Cuivre des crabes du lac Ahémé en fonction des périodes d'échantillonnage.

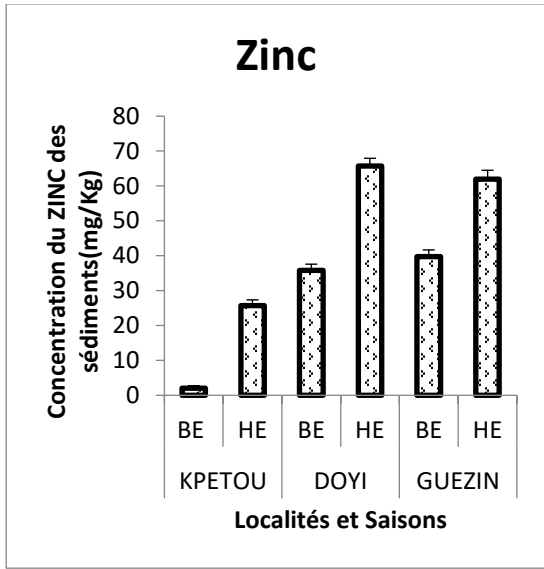
Les concentrations en zinc, en plomb et en cuivre dans les crabes du lac Ahémé varient en fonction des périodes d'échantillonnage. Durant la période de basse eau, les valeurs enregistrées pour ces ETM (Plomb ; Zinc et Cuivre) sont respectivement 23,089 mg/Kg ; 72,49 mg/Kg et 35,31 mg/Kg. Durant la période de haute eau ; les valeurs enregistrées de ces ETM sont respectivement (18,799 mg/Kg ; 47,34 mg/Kg et 25,82 mg/Kg). Les concentrations les plus élevées ont été donc obtenues durant les basses eaux et les plus faibles pendant les hautes eaux.

### Risque de transfert des polluants métalliques des sédiments vers les crabes

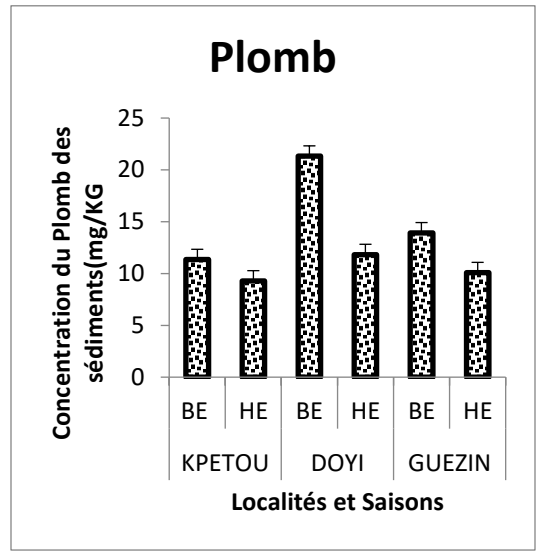
Les facteurs de bioconcentration des ETM des sédiments par rapport à la basse eau et la haute eau sont présentés respectivement dans le Tableau 3.

### Seuil de contamination des crabes au regard des normes OMS

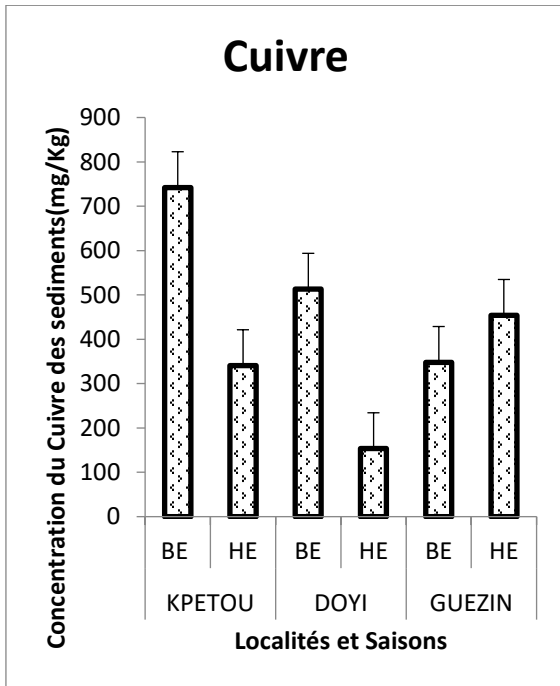
Le Tableau 4 présente les valeurs moyennes des ETM des crabes et les normes prévues par l'OMS. Chez le crabe *Callinectes amnicola*, les teneurs en Pb, Cu, et en Zn, sont toutes supérieures aux normes admises par l'OMS (2006) dans les produits halieutiques.



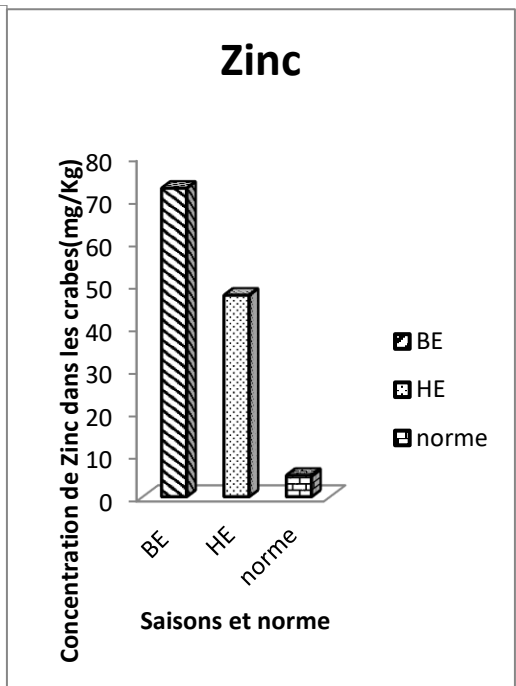
**Figure 2 :** Variation du Zinc des sédiments en fonction des points de prélèvement.



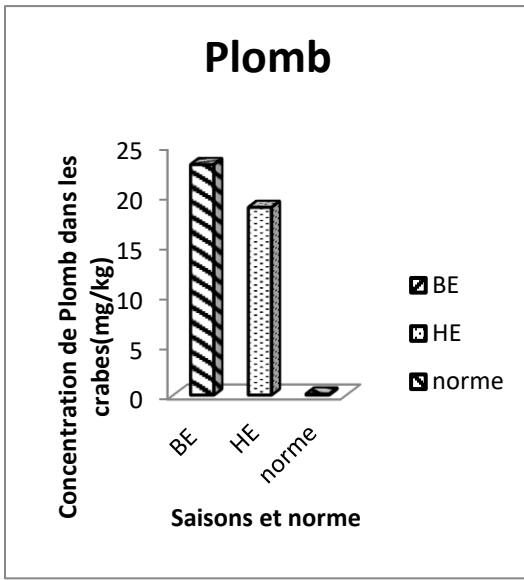
**Figure 3 :** Variation du plomb des sédiments en fonction des points de prélèvement.



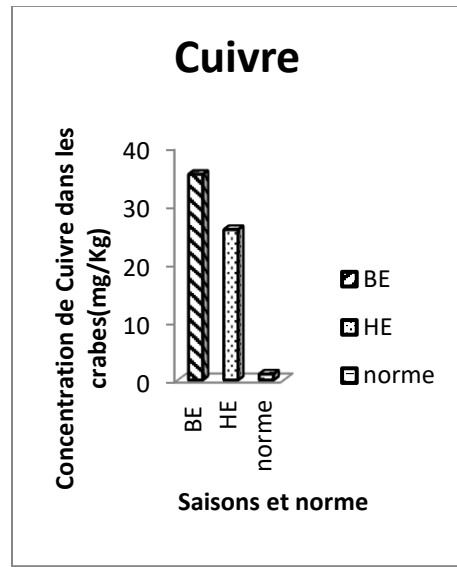
**Figure 4 :** Variation du Cuivre des sédiments en fonction des points de prélèvement.



**Figure 5 :** Variation du zinc des crabes en fonction des périodes de prélèvement.



**Figure 6 :** Variation du plomb des crabes en fonction des périodes de prélèvement.



**Figure 7 :** Variation du Cuivre des crabes en fonction des périodes de prélèvement.

**Tableau 3 :** Facteurs de bioconcentration des ETM des sédiments.

ETM (mg/Kg)	KPETOU		DOYI		GUEZIN	
	BE	HE	BE	HE	BE	HE
Plomb	2,257	1,84	1,77	1,77	2,08	1,504
Cuivre	0,09	0,04	0,199	0,059	0,068	0,087
Zinc	2,33	29,95	0,91	1,67	0,966	1,50

**Tableau 4 :** Valeurs moyennes des ETM des crabes.

ETM	CRABES	Normes OMS
Plomb	20,944±11,237	0,1
Cuivre	30,565±5,954	1
Zinc	59,915±12,597	5

## DISCUSSION

Les sédiments sont contaminés par les ETM et les teneurs ont varié entre les stations d'études. Les résultats de l'analyse du plomb dans les sédiments du lac Ahémé ont révélé que les teneurs oscillent entre 9,276 mg/kg et 21,316 mg/kg pour les deux échantillonnages. On note une teneur élevée (21,316 mg/kg ; 11,821 mg/kg) au niveau de Doyi pour les deux campagnes échantillonnages. Cette teneur pourrait être due aux gaz d'échappement des véhicules qui traversent le lac par le pont (cette station étant en aval du pont ou la circulation est permanente), de l'apport du mélange des eaux du fleuve Mono et des eaux de la mer. La contamination du système étudié semble provenir du plomb utilisé dans les filets des pêcheurs et égaré au fond du lac sans négliger l'apport du déversement des ordures ménagères. Par ailleurs les teneurs maximales en Zinc ont été enregistrées à Guézin et Doyi pour les deux échantillonnages (BE : 39,76 mg/kg ; HE : 62 mg/kg) ; (BE : 35,79 mg/kg ; 65,77 mg/kg). Elles peuvent être affectées à la charge polluante apportée par le rejet des ordures ménagères. L'important apport en Zinc est le résultat du déversement des eaux usées, le lessivage des ordures ménagères incontrôlées. En effet, le Zinc forme 44 à 47% des piles et accumulateurs, 12 à 13% des produits ferreux protégés par zinc contre la corrosion ; 11 à 13% des caoutchoucs, 8 à 9% des papiers carton (Youssao et al., 2011). En outre pour le cuivre les teneurs maximales (BE : 742 mg/L ; BE : 512,92 mg/kg) sont enregistrées respectivement à Kpétou et à Doyi. Les teneurs enregistrées au second échantillonnage sont inférieures à celles enregistrées au premier échantillonnage. Ceci pourrait être expliqué par le fait que pendant les périodes basses, les activités humaines sont plus intenses et donc plus polluantes.

Les stations d'échantillonnage des sédiments constituent en fait des zones qui reçoivent les eaux du mélange du fleuve Mono et de la mer compte tenu de leur proximité de

Djondji et du chenal Aho pour la station de Guézin surtout. Ces eaux sont souvent chargées en particules organiques de tout genre. Ces particules au fil du temps se déposent sur ces sédiments et augmentent ainsi leurs concentrations en métaux lourds ce qui explique les fortes concentrations obtenues par rapport à celles des eaux. Les fortes concentrations en métaux des sédiments par rapport à celles des eaux confirment les observations faites par Gnandi et al. (2007) ; Dimon et al. (2014), Kamilou et al. (2014). Selon ces auteurs, les sédiments constituent un réservoir où s'accumulent les métaux. 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. Les teneurs en métaux lourds dans les sédiments de la présente étude sont inférieures à celles rapportées par Dimon et al. (2014) (26 mg/Kg pour le plomb ; 170 mg/Kg pour le zinc) dans le même milieu d'étude.

En comparaison avec les résultats obtenus dans le même pays, ils diffèrent de ceux trouvés par Agonkpahou (2006) (Pb : 0,043 mg/Kg et 0,040 mg/Kg respectivement dans la rivière Okpara au Nord Bénin et dans le lac Nokoué au Sud-Bénin). Ils diffèrent également de ceux obtenus par Chouti et al. (2010) (Pb : 5,65 mg/Kg) dans la lagune de Porto-Novo. Kaki et al. (2011) (Pb : 7,22 mg/kg ; Cu : 228,74 mg/kg) et Youssao et al. (2011) (Pb : 317 mg/kg). La différence avec les résultats obtenus dans cette étude peut s'expliquer par le fait que les sédiments ne sont pas de même nature et que les zones et les périodes de collecte ne sont pas identiques et enfin la situation géographique du cours d'eau.

Par ailleurs chez le crabe *Callinectes amnicola*, les concentrations en ETM ont été hétérogènes et ont varié en fonction de la période d'échantillonnage et du métal. Cette hétérogénéité dans la distribution des métaux lourds chez le crabe *Callinectes amnicola* peut être liée à la capacité migratoire de l'espèce. En



effet, les crabes *Callinectes amnicola* sont des espèces non sédentaires capables de migrer et de fréquenter toutes les stations (Youssao et al., 2011 ; Kamilou et al., 2014), ce qui explique sans doute les concentrations variables. La bioaccumulation des métaux toxiques par les espèces aquatiques peut donc dépendre non seulement de la concentration du milieu en métaux (Youssao et al., 2011 ; Kamilou et al., 2014) mais aussi de la capacité migratoire des espèces. Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur la comestibilité des espèces aquatiques fixent les seuils du plomb, cuivre, zinc, respectivement à 0,1 mg/kg ; 1 mg/kg ; 5 mg/kg (OMS, 2006). Les résultats obtenus montrent que les crabes *Callinectes amnicola* sont contaminés par le Pb, Cu, Zn, que la consommation de cette espèce peut avoir un impact négatif sur la santé des consommateurs. Les teneurs du Pb et du Zn ( $20,944 \pm 11,237$  et  $59,915 \pm 12,597$  mg/kg) chez le crabe *Callinectes amnicola* sont largement supérieures à celles rapportées ( $0,054 \pm 0,020$  et  $6,389 \pm 0,905$  mg/kg) par Omuvwie et Atobatele (2013) sur la même espèce au Nigéria. Par contre, Bastami et al. (2012) rapportent en Iran chez le crabe *Portunus pelagicus* des concentrations supérieures ( $64,89 \pm 01,46$  µg/g pour le Cu) aux résultats obtenus dans cette étude. Les crabes *Callinectes amnicola* présentent des concentrations en ETM qui dépassent les normes de références. La forte accumulation des métaux toxiques par ces espèces est liée à leurs modes d'alimentation (Gnandi et al., 2006 ; Fatemi et Shahrzad, 2016; Gbogbo et al., 2016). Les crabes sont des espèces omnivores, prédatrices et nécrophages. Ils filtrent la vase pour se nourrir ce qui leur permet de concentrer des quantités importantes de métaux présents dans le milieu via les branchies ou la digestion des particules contaminées.

### Conclusion

Les résultats du dosage des éléments traces métalliques dans les sédiments et dans

les crabes du lac Ahémé ont montré que les sédiments et les crabes *Callinectes amnicola* sont contaminés par les ETM tels que le Pb, Cu, Zn. Les niveaux de concentration en ETM des crabes *Callinectes amnicola* ont dépassé les normes réglementaires et constituent de ce fait un risque pour la santé des consommateurs et la pérennité des espèces.

### CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'aucun intérêt n'est en compétition dans cet article.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Les auteurs ci-dessous ont participé de diverses manières à la conception de cet article. DD est l'instigateur principal. HKJB, EASA et RCJ ont apporté un appui technique et ont lu le manuscrit. YZ et SMIA ont participé aux travaux de terrain. EDF et PE ont dirigé et supervisé le travail.

### REFERENCES

- Agonkpahou E. 2006. Evaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques : Cas de la rivière Okpara et du lac Nokoué au Bénin. Mémoire de Doctorat en Pharmacie, FSS /UAC. 87p.
- Aina MP, Degila H, Chikou A, Adjahatode F, 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.
- Bastami AA, Najafian M, Hosseini M. 2012. The distribution of the barnacle epizoites, *Chelonobita patula* (Ranzani) on blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758). *World Appl. Sci. J.*, **20**: 236-240. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2012.20.02.508
- Ben Salem Z, Capelli N, Laffray X, Grisey E, Habib A, Aleya L. 2014. Seasonal variation of heavy metals in water,

- sediment and roach tissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France). *Ecol. Eng.*, **69**: 25–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.072>
- Brian JP. 2005. Inter- population variability in the reproductive morphology of the shore crab (*Carcinus maenas*): evidence of endocrine disruption in a marine crustacean? *Marine Pollution Bulletin*, **50**: 410-416. DOI : 10.1016/J.MARPOLBUL.2004.11.023
- Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F, Boukari M. 2010. Etude des éléments traces métalliques contenues dans les sédiments de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). *Journal of Applied Biosciences*, **3**(4): 2186-2197.
- Dedjiho CA, Mama D, Dimon BF, Chouti W, Alassane A, Fiogbe ED, Sohounhloue CKD. 2013. Influence de l'état d'eutrophisation de la lagune de Gbèzoumè (Ouidah) sur sa faune aquatique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**: 2069-2077. DOI : 10.4314/ijbcs.v7i5.24
- Dedjiho CA, Alassane A, Chouti W, Sagbo E, Changotade O, Mama D, Boukari M, Sohounhloué DCK. 2014. Negative Impacts of the Practices of Acadjas on the Aheme Lake in Benin. *J. Environ. Prot.*, **5**: 301-309. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.54033>
- 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.
- Edorh AP, Montcho E, Gnandi K, Guédénon P, Koumolou L, Boko M, Bigot A, Rihn B, Creppy EE. 2011. Preliminary assessment of the contamination of the marine water and fish by trace metals in Cotonou (Bénin). *Rev. Annales des Sciences Agronomiques*, **15**(1): 37-49. DOI : 10.4314/asab.v15i1.67367
- Ekengele NL, Oumar B, Balla OAD. 2014. Evaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Region de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*, **10**(2): 184-198. DOI : 10.4314/AFSCI.V10I2
- Falasi N. 2018. Pollution de la rivière N'djili et contraintes de gestion des sols autour du Pool Malebo (cas du site agricole Masina Rail 1/Kinshasa). Mémoire de DEA, Université de Liège, Belgique, 64 p.
- Fatemi F, Shahrzad K. 2016. Investigation of cadmium and arsenic accumulation *Portunus pelagicus* along the Asalouyeh Coast, Iran. *Journal of Earth, Environment and Health Sciences*, **2**(1): 34-38. DOI: 10.4103/2423-7752.181805
- Togue FK, Kuate GLO, Oben LM. 2017. Caractérisation physico-chimique des eaux de surface du fleuve Nkam à l'aide de l'analyse en composantes principales. *J. Mater. Environ. Sci.*, **8**: 1910-1920.
- Gbogbo F, Otoo SD, Huago RQ, Asomaing O. 2016. High levels of mercury in wetland resources from three river basins in Ghana: a concern for public health. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(6): 5619-5627. DOI: 10.1007/s11356-016-8309-2
- Gnandi K, Tomety-Mensah F, Ameyapoh Y, Edorh P. 2007. Distribution, biodisponibilité et bioaccumulation des métaux lourds dans le système lagunaire de Lomé. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Universite de Lome*, serie A, **9**: 67-81. DOI : 10.4314/jrsul.v9i1.52326
- Guedenon P, Edorh AP, Kaki C, Yehouenou APE, Gnandi K, Montcho S, Hounkpatin A, Koumolou L, Boko M. 2012. Arsenic, Cadmium, Copper and Lead Accumulation in water, sediments and fish species of Oueme River in Bonou.

- British Journal of Pharmacology and Toxicology*, **3**(1): 13-20.
- Gopal V, Nithya B, Magesh NE, Jayaprakash M. 2018. Variations saisonnières et évaluation des risques environnementaux des oligo-éléments dans les sédiments de l'estuaire de la rivière Uppanar, dans le sud de l'Inde. *Mar. Polluer. Taureau*. **129**: 347–356.
- Kaki C, Guedenon P, Kelome N, Etorh PA, Adechina R. 2011. Evaluation of heavy metals pollution of Nokoué Lake. *African Journal of Environmental Science and Technology*, **5**(3): 255-261. DOI : 10.4314/AJEST.V5I3.71934
- Kamilou OS, Hodabalo DS, Kissao G, Komlan MA, Easo JB. 2014. Evaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire Togolais. *Vertigo*, **14**(2): 1-18. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.15093>
- Katemo Manda B, Colinet G, André L, Chocha Manda A, Marquet JP, Micha JC. 2010. Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira Supérieure (Katanga/RD Congo). *Tropicicultura*, **28**(4): 246-252.
- Koné M, Dramane D, Karim Sory T, Ardjouma D, Houenou PV. 2007. Niveaux de contamination des ETM (Cu, Zn, Fe, Cd et Pb) dans les tissus mous du gastéropode *Tympanotonus fuscatus radula* collecté dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, **18**(4): 628-638.
- Lin Y, Liu Q, Meng F, Lin Y, Du Y. 2018. Évaluation intégrée de la toxicité des métaux dans les sédiments de la baie de Jiaozhou (Chine): Basé sur les réponses des biomarqueurs chez des palourdes *Ruditapes philippinarum* exposées à des extraits de sédiments. *Mar. Polluer. Taureau.*, **131** : 180–190.
- Mélila M, Poutouli W, Houndji H, Tchaou M, Pakoussi T, Awaga KL, Bilabina I, Tozoou P, Badanaro F, Abalokoka EY, Gnandi K, Agbonon A, Sadikou A, Gado T, Sanni A, Kou'santa A, Guéant JL. 2013. Oxidative stress in human due to metallic traces elements bioconcentration in three coastal villages near phosphate treatment factory in Togo. *Africa Journal of Food Science and Technology*, **4**(6): 141- 147.
- Nzapo KH, Ngbolua Koto-te-Nyiwa, Bongema AL, Bongo NG, Inkoto LC, Falanga MC, Ashande MC, Ndembo NJL, Lokilo LE, Djoza DR. 2018. Evaluation de la bioaccumulation de métaux lourds chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, **38**(1) : 185-191.
- Obasohan EE, Oronsaye JAO, Obano EE. 2006. Heavy metal concentrations in *Malapterurus electricus* and *Chrysichthys nigrodigitatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **5**(10): 974-982.
- Obodai EA, Boamponsem LK, Adokoh CK, Essumang DK, Villawoe BO, Aheto DW, Debrah JS. 2011. Concentrations of heavy metals in two Ghanaian Lagoons. *Archives of Applied Sciences Research*, **3**(3): 177-187.
- Omuvwie U, Atobatele O. 2013. Growth pattern condition factor, trace metal studies and ectoparasitic load of the blue crab, *Callinectes amnicola* from Lagos Lagoon, Badore, Ajah, Lagos, Nigeria. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, **9**(1): 34-43. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/cajeb.v9i1.5>
- Onivogui G, Baldé S, Bangoura K, Barry MK. 2013. Evaluation des risques de pollution

- en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkoure (Rep. de Guinée). *Afrique Science*, **9**(3): 36-44.3): 177-187.
- Pliya J. 1980. *La Pêche dans le Sud – Ouest du Bénin*. ACCT : Paris ; 296 p.
- Roche International. 2000. Etude du Projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin : l'Environnement, les eaux et les forêts, Volume 2- Tome IV.
- Tankari Dan-Badjo A, Tidjani DA, Idder T, Guero Y, Dan Lamso N, Matsallabi A, Ambouta JMK, Feidt C, Sterckeman T Echevarria G. 2014. Diagnostic de la contamination des eaux par les éléments traces métalliques dans la zone aurifère de Komabangou-Tillabéri, Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **8**(6): 2849-2857. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i6.41
- Yehouenou EAP, Adamou R, Azehoun PJ, Edorh PA, Ahoyo T. 2013. Monitoring of heavy metals in the complex "Nokoue lake-Cotonou and Porto-Novo lagoon" ecosystem during three years in the Republic of Benin. *Research Journal of Chemical Sciences*, **3**(5): 12-18.
- Youssao A, Soclo HH, Bonou C, Vianou K, Gbaguidi M, Dovonon L. 2011. Evaluation de la contamination de la faune ichthyenne dans le complexe lagunaire Nokoué – chenal de Cotonou par le plomb : cas des espèces *Sarotherondon melanotheron*, *Tilapia guineensis* et *Hemichromis fasciatus* (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **5**(2) : 595-602. DOI : 10.4314/ijbcs.v5i2.72125