

## ETUDE DE LA POLLUTION PAR LE PLOMB DES EAUX, DES SEDIMENTS ET DES CREVETTES DU LAC NOKOUE AU BENIN

LAWANI Louis Babatoundé<sup>(1)</sup>, ADANDEDJANDelphine, d'ALMEIDA Arsène F.<sup>(3)</sup> CHIKOU Antoine <sup>(2)</sup>, FOUSSENI Aliou<sup>(2)</sup> & LALEYE Philippe <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE), Institut National des Recherches Agricoles du Benin (INRAB).

<sup>(2)</sup>Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture. 01B.P. 526 Cotonou. Bénin, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques.

<sup>(3)</sup>Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), Direction des Pêches 03 BP 618 Jéricho Cotonou Bénin.

Correspondance : [lawalba@yahoo.fr](mailto:lawalba@yahoo.fr)

### RESUME

*Afin d'évaluer le degré de pollution de l'écosystème aquatique du lac Nokoué par le plomb et la répartition de cette pollution, des échantillons d'eau, de sédiments et de crevettes ont été prélevés entre Avril et Mai 2007 sur toute l'étendue du lac. Les échantillons ont été prétraités puis analysés au spectrophotomètre d'absorption atomique. Les résultats indiquent une température de l'eau élevée (29,7°C en surface et 29,4°C en profondeur), une forte salinité (19,0 g/l en surface et 19,3 g/l au fond) et un taux de saturation de l'oxygène dissous faible 4,8 mg/l en surface et 4,63 mg/l au fond. On note une pollution de tous les compartiments du lac par le plomb. Dans l'eau de surface la teneur en plomb de 0,96 mg/l est supérieure à la norme admise (0,1mg/l). Au niveau des crevettes la concentration moyenne en plomb (5,17mg/kg) est largement*

supérieure à la norme européenne (0,5mg/kg). Par ailleurs il existe une corrélation positivement significative entre la teneur du plomb de l'eau de surface et de fond d'une part et entre la concentration en plomb de l'eau de surface et celle des crevettes d'autre part. Des investigations sur les quantités de plomb et autres métaux lourds dans les crevettes séchées, fumées ou frites seront sans doute une bonne piste pour proposer la manière la plus appropriée de la consommation de ces crevettes fortement exploitées.

**Mots clés** : Plomb, Pollution, lac Nokoué, Crevettes

## **ABSTRACT**

To assess the degree of pollution of the Lake Nokoué, Lead and distribution of this pollution, water, sediment and shrimp were collected between April and May 2007 over the entire lake. The samples were pretreated and analyzed at atomic absorption spectrophotometer. The results indicate a high water temperature (29.7°C at the surface and 29.4°C in depth), high salinity (19.0g/l at the surface and 19.3 g/l at the bottom) and low saturation of dissolved oxygen (4.8 mg/l at the surface and 4.63mg/l at the bottom). Pollution of all compartments of the lake by the lead is detected. In surface water lead content of 0.96mg/l is greater than the accepted standard (0.1mg/l). Shrimp at the average lead concentration (5.17mg/kg) is much higher than the European standard (0.5mg/kg). Moreover there is a significant positive correlation between the content of lead in surface water and bottom and between the lead concentration in surface water and the shrimp on the other. Investigate the levels of lead and other heavy metals in dried shrimp, smoked or fried will probably a good track to deliver the most appropriate way to use these heavily exploited resource.

**Keywords**: Lead pollution, Lake Nokoué, Shrimp

## **INTRODUCTION**

De toutes les sources de protéines dans l'alimentation humaine, les poissons et les crustacés occupent une place de choix (quantitativement et/ou qualitativement) sur le plan mondial (Kouton, 2004). En considérant l'ensemble des échanges mondiaux pour les produits de la mer au sens large, les crevettes occupent le premier rang avec 20% du commerce international (Griessinger et al. 1991). La pêche crevettière dans les plans d'eau du Sud Bénin joue de plus en plus un rôle non négligeable dans l'économie nationale grâce à son apport en devises par le biais des exportations (vers l'Europe : France, Espagne, Italie, Belgique) et des apports en protéines pour la population.

Les statistiques de la Direction des Pêches (2007) indiquent que l'exportation des crevettes a connu une croissance importante de 1995 à 2002 avec un tonnage cumulé de 3523,6 tonnes. De 680 tonnes en 2002, la production a chuté à 306 tonnes en 2003. Cette chute est liée à des difficultés qui ont conduit le Bénin à l'auto-suspension en 2004. Ces difficultés résultent de l'incapacité des sociétés exportatrices à respecter les clauses de la directive 91/493/CEE relative aux critères sanitaires des produits halieutiques sur le marché européen. Les diverses mesures prises à cet effet se sont avérées inefficaces. Il est donc important de déterminer l'origine et la nature de la contamination remarquée au niveau des crevettes exportées en remontant progressivement la chaîne de production notamment le milieu de capture. Certes, beaucoup d'études ont été menées sur le lac Nokoué, la plupart ayant fait cas de la pollution de celui-ci. Dans une étude d'impact des métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) sur l'écologie de l'huître en zones urbaines du lac Nokoué et dans le chenal de Cotonou, Sènouvo (2002) a montré que le plomb était en concentration

très élevée dans l'eau et les sédiments. Les résultats de Bada (2005) indiquent des teneurs relativement importantes du plomb dans l'eau et les sédiments. Très peu d'études se sont intéressées à la variabilité ou à la distribution spatiale de cette pollution surtout en métaux lourds tout en faisant le lien entre l'eau, le sédiment et les crevettes. Cette étude vise à déterminer l'état actuel de la pollution du lac par le plomb et la distribution de cette pollution dans l'environnement aquatique du lac Nokoué.

## **1- MATERIEL ET METHODES**

### **1.1- Milieu d'étude**

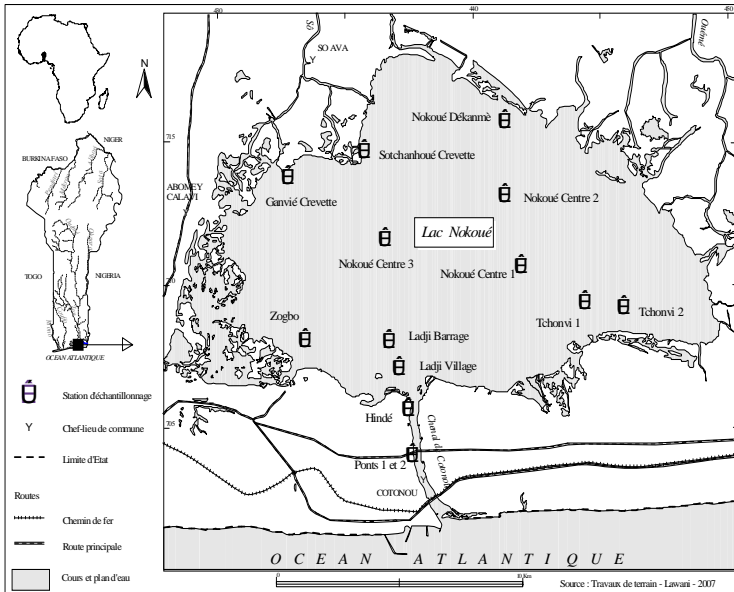
Le lac Nokoué (6°20-6°30 Nord et 2°20 et 2°35 Est) (Figure 1) est situé au Sud du Bénin et occupe une superficie d'environ 150 km<sup>2</sup> en période d'étiage. La profondeur moyenne du lac est de 1,5m. La bathymétrie du lac Nokoué montre des valeurs caractéristiques des lacs peu profonds. La profondeur est inférieure à 1m sur 20% de la surface du plan d'eau. La zone la plus profonde (8m) se situe au niveau de l'entrée du chenal de Cotonou. Il reçoit de l'eau douce principalement du fleuve Ouémé et de ses affluents via la lagune de Porto-Novo et de la rivière Sô. Les échanges avec la mer s'effectuent par l'intermédiaire du chenal de Cotonou long de 4,5 km.

Le régime hydrologique du lac est caractérisé par une période des « pluies » d'Avril à Juillet au cours de laquelle les précipitations augmentent, une période de « hautes eaux » ou « crue » d'Août à Novembre caractérisée par la montée du niveau d'eau dans le lac responsable de l'inondation des régions avoisinantes et une période « sèche » de Décembre à Mars pendant laquelle le niveau d'eau est le plus faible. La température moyenne de l'eau du lac est de 28°C(±2°C). La

salinité varie très peu d'une année à l'autre. Elle atteint les valeurs minimales (allant jusqu'à 0 g/l) entre août et novembre (période de crue) et des valeurs maximales (allant jusqu'à 31 g/l) au mois de mars (période de décrue).

## 1.2- Echantillonnage et collecte des données

L'échantillonnage de l'eau, des sédiments et des crevettes a été effectué sur treize (13) stations réparties sur toute l'étendue du lac en fonction des zones reconnues de pêche des crevettes (Figure 1). Après une phase exploratoire de deux jours, l'échantillonnage est fait quotidiennement entre 5h30' et 10h pendant quatre (4) semaines entre Avril et Mai 2007.



**Figure 1:** Localisation des stations d'échantillonnage

Dans chacune des stations, les sédiments sont prélevés au moyen de la benne Beckmann et un échantillon de 500 grammes de crevettes est constitué auprès des pêcheurs. Les échantillons de crevettes ramenés au laboratoire ont été identifiés en utilisant la clé d'identification issue des travaux de Egounlety (2005).

Chaque échantillon d'eau, de sédiment et de crevette des 13 stations est automatiquement étiqueté, placé dans un sachet en plastique et conservé dans une glacière contenant de la glace. Les paramètres physico-chimiques de l'eau de surface et du fond (température, oxygène dissous, pH, salinité, conductivité, TDS, transparence) ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un oxymètre de marque HANNA HI 91436, d'un pH-mètre portable de marque pIONner 10 et d'un conductimètre de marque pIONner 30.

### **1.3- Analyses et traitement des échantillons**

#### ***1-3-1 Physico-chimie de l'eau***

Les échantillons d'eau ramenés au laboratoire sont divisés en deux parties. Une partie V1 est laissée intacte ; à la seconde partie V2 d'un litre on ajoute 2ml d'acide chlorhydrique pour la conservation en vue de faire ultérieurement les analyses du plomb. Quelques paramètres de pollution azotée ou phosphatée de l'eau ont été mesurés dans le volume V1. Il s'agit des nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, du phosphore total. Les nitrites sont dosés en suivant la méthode de Zambelli, in Tran, 1977 ; les nitrates par la méthode au salicylate de sodium (NFT 90-045, Juin 1989). L'ammonium a été dosé par la méthode du test Ammonium 1.14752.0001 (MERCK Spectroquant). L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>-N) se

présente alors en partie sous la forme d'ions ammonium et en partie sous la forme d'ammoniaque. Il existe un équilibre pH-dépendant entre ces deux formes.

### ***1-3-2 Dosage du plomb dans l'eau***

Les analyses du plomb s'est déroulée en deux phases principales : la minéralisation et le dosage sur le spectrophotomètre d'absorption atomique Spectr AA 110 piloté par un logiciel Spectr AA version 5.01 mis à jour en juin 2005 par la société Varian (concepteur de l'appareil) dont le principe est basée sur la loi de Lambert-Beer (Rouessac, 2004). Le dosage du plomb dans l'eau est réalisé dans un spectromètre en suivant la norme NFT 90-112 (Décembre 1986). Dans une fiole jaugée de 100 ml, on introduit une prise d'essai de 90 à 95 ml du volume V2 de l'échantillon et on complète avec de l'eau. Parallèlement un essai à blanc est réalisé. Au moins quatre solutions d'étalonnage sont préparées de façon à couvrir la gamme des concentrations à doser. Lorsqu'il s'agit de la mesure par la flamme de spectromètre, nous vérifions d'abord la vitesse d'aspiration puis faisons également aspirer une solution étalon du plomb. Si la quantité détectée est faible, on fait l'analyse par le système four du spectromètre. La concentration en mg/l de l'échantillon est donnée par la formule :

$$(\beta_1 - \beta_2) * 100 / V$$

( $\beta_1$  = la concentration du métal en mg/l correspondant à l'absorbance de la prise d'essai ;  $\beta_2$  = est la concentration du métal en mg/l, correspondant à l'absorbance du blanc et V = est le volume, en ml de l'échantillon acidifié prélevé pour l'analyse).

### ***1-3-3 Dosage du plomb dans les sédiments***

Une fraction de l'échantillon (sédiment) prélevé est séchée et tamisée à 2 mm. Environ 10 g sont prélevés et finement broyés à 0,2 mm et minéralisés en s'inspirant des méthodes de Chiffolleau *et al.* (2003) et Assih (2006) tout en tenant compte du matériel à notre disposition. A 25ml de l'échantillon finement broyés on ajoute 25ml d'un mélange de trois acides dans la proportion une part pour l'acide perchlorique ( $\text{HClO}_4$ ), une part et demi respectivement pour l'acide fluorhydrique (HF) et l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ). La réaction dure 12 h ; le mélange est chauffé entre 100 et 150°C sur bain de sable ou au four à moufle pendant 2 h. Après la disparition des vapeurs nitreuses, on ajoute au minéralisât 2 ml d'acide nitrique concentré puis 25 ml d'eau distillée. Le résidu est récupéré puis filtré sur papier filtre dans une fiole de 100 ml. Il faut prévoir deux blancs. Le sédiment une fois minéralisé et refroidi, est prêt à être dosé au spectromètre d'absorption atomique (voir paragraphe précédent).

### ***1-3-4 Analyses des métaux lourds dans les crevettes***

Le dosage est dosé sur la méthode développée par Beach *et al.* (1988). Les échantillons de crevette sont rincés puis égouttés. Ils sont ensuite broyés dans un hachoir à poisson. On pèse 5g de l'échantillon frais, on y ajoute 10 ml du mélange acide nitrique et acide perchlorique dans une proportion de 6 volumes d'acide nitrique pour un volume d'acide perchlorique. La réaction dure au moins 12 h. Le mélange est chauffé sur plaque chauffante d'abord à 100°C puis à 250°C. La disparition des vapeurs nitreuses et perchloriques marque la fin de la minéralisation. Le minéralisât est refroidi puis récupéré avec de l'acide nitrique à 10 % et on ajuste le mélange à 25 ml. On réalise également un blanc sans

crevettes. La solution ainsi obtenue est prête à être dosée au spectrophotomètre à absorption atomique (voir le principe de dosage plus haut).

#### **1.4- Traitement statistique des données**

Les données globales par source (eau, sédiment et crevettes) ont été soumises à une classification numérique et à une Analyse en Composantes Principales (ACP) afin d'établir les corrélations entre les différentes variables telles que les teneurs en plomb des crevettes, des eaux de fond et de surface et des sédiments. Le test d'Anova a été utilisé pour étudier les variations des teneurs en plomb en fonction de certaines variables telles les sédiments, l'eau de surface, l'eau de fond et les crevettes. Une fois que la variation est significative le test de Student Newman-Keuls a été utilisé pour déterminer la variable responsable de la différence observée.

Les différents traitements et analyses ont été réalisés au moyen du logiciel Microsoft Office EXCEL 2003 et le programme SAS 9.1 version française.

## **2- RESULTATS**

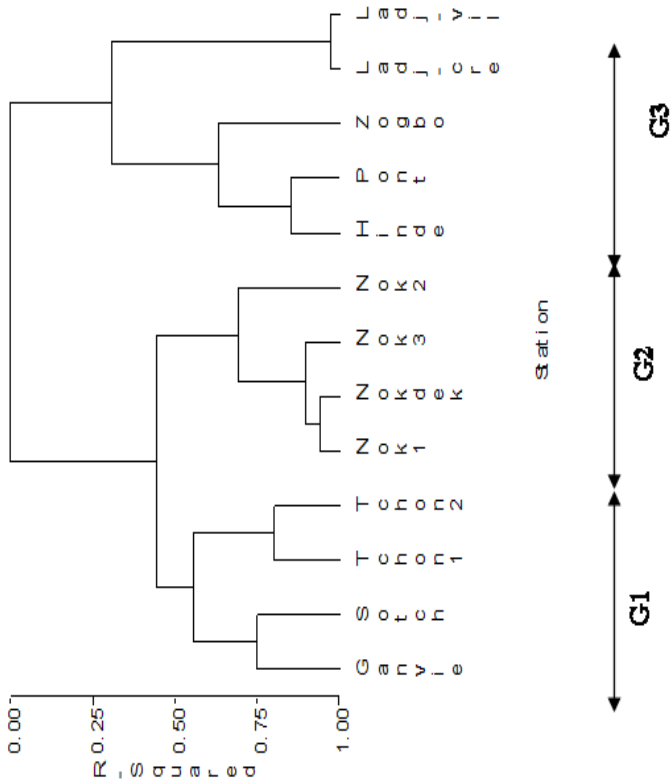
### **2.1- Caractéristiques physico-chimiques de l'eau**

La température moyenne de l'eau est élevée (29,7°C en surface et 29,4°C en profondeur). La transparence et la profondeur moyennes de l'eau sont respectivement 80,14 cm et 1,64 m ; La salinité moyenne de l'eau est 19,01 g/l en surface et 19,3 g/l au fond de même que le taux d'oxygène dissous qui est en moyenne de 4,8 mg/l (saturation : 69,4 %) en surface et de 4,63 mg/l (saturation : 66,5%) au fond.

La classification numérique des 13 stations en fonction de leurs paramètres physico-chimiques est représentée par la figure 2. ( $R^2 = 0,45$ )

Il se dégage trois groupes qui sont :

- ✓ Le groupe G1 est constitué des stations de Ganvié, Sotchanhoué, Tchonvi 1 et Tchonvi 2 caractérisées par les plus faibles valeurs de la profondeur, la transparence, la salinité, le taux d'oxygène dissous (3,76-3,80 mg/l sauf pour Sotchanhoué et Tchonvi 1 et les valeurs plus élevées des composés azotés..
- ✓ Le groupe G2 comprend les 3 stations du centre du lac (Nokoué centre 1, Nokoué Centre 2, Nokoué Centre 3) puis Dékanmè. Ces stations sont caractérisées principalement par des valeurs intermédiaires de la profondeur (0,90-1,80m), du taux d'oxygène (3,33-4,84 mg/l) et des composés azotés ainsi que les bases échangeables dans leur ensemble. Les valeurs de la salinité sont voisines de celles du groupe précédent.
- ✓ Le groupe G3 est composé des stations de Hindé, Ponts 1 et 2, de Zogbo, de Ladji village et de Ladji barrage (crevette). Ce groupe est caractérisé par les valeurs les plus élevées de la transparence (0,75-1,40 m), de la salinité (21,10-21,30g/l) et du taux d'oxygène (jusqu'à 6,32 mg/l) sauf à Ladji-crevette où la teneur y est plus faible (2,75 mg/l) et des bases échangeables.

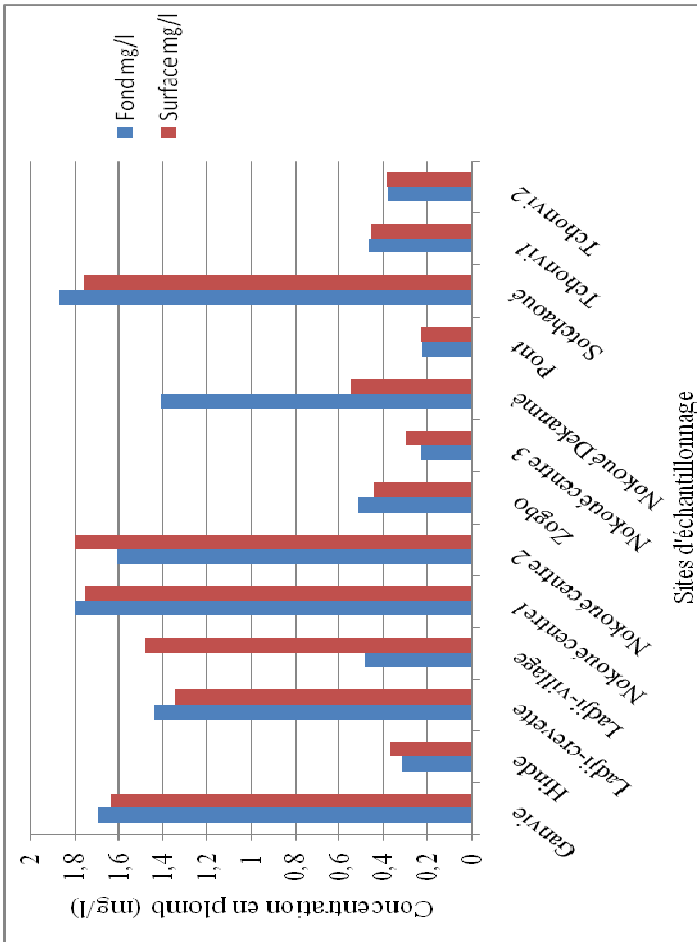


**Figure 2 :** Dendrogramme des stations en fonction des caractéristiques physico-chimiques de l'eau

## 2.2- Teneur en plomb

### ○ Dans l'eau

Les différentes concentrations du plomb dans l'eau de surface et de profondeur sont représentées par le graphe de la figure 3

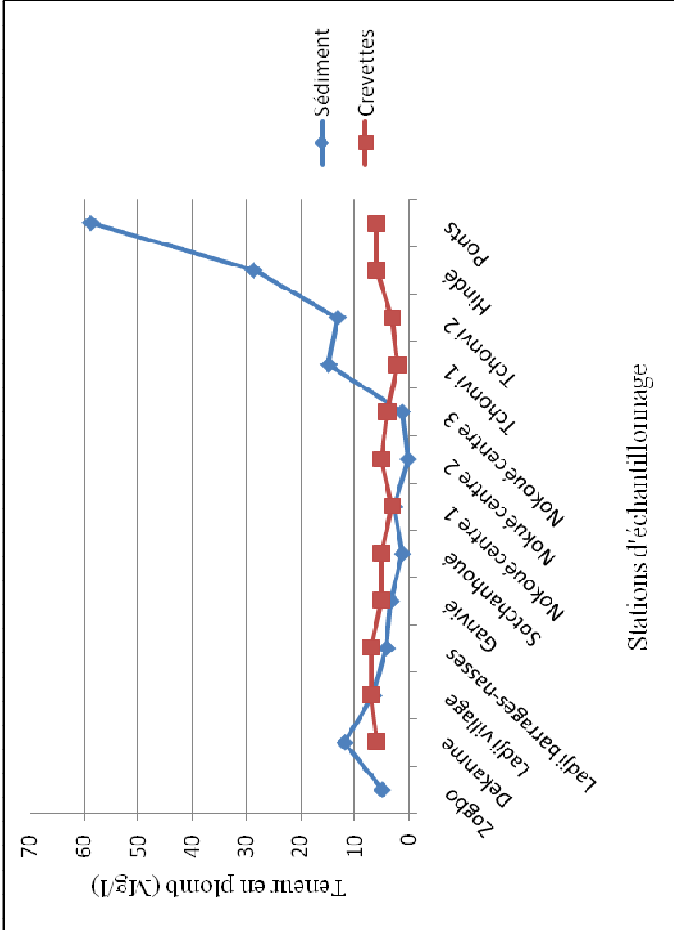


**Figure 3** : Concentration en plomb dans l'eau

Dans l'ensemble la teneur en plomb est plus élevée au fond de l'eau qu'à sa surface pour la plupart des stations à l'exception de Ladji village, Hindé et Nokoué centre 2 et 3.

○ *Sédiments et crevettes*

La concentration du plomb dans les sédiments et les crevettes est résumée par la figure 3.



**Figure 3** : Teneurs en plomb des sédiments et des crevettes

Au regard des concentrations du plomb dans l'eau de surface et de fond, les sédiments et les crevettes on note :

- ❖ Une corrélation positive très significative ( $p < 0,005$ ) entre les teneurs du plomb en eau de surface et en eau du fond
- ❖ une corrélation positive significative ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs du Pb en eau de surface et dans les crevettes.
- ❖ Cependant, la corrélation entre la teneur en plomb en eau de fond et la teneur en plomb dans les crevettes n'est pas significative ( $p > 0,05$ ). Il en est de même pour les teneurs en plomb entre l'eau (en surface et au fond) et les sédiments ; entre les sédiments et crevettes. Les teneurs plomb en fonction de l'eau (en surface et au fond), des sédiments et des crevettes diffèrent de manière très significative ( $p < 0,005$ ). Le test de Student Newman-Keuls (SNK) montre que ce sont les sédiments qui sont responsables des différences observées, avec des moyennes les plus élevées. Cela laisse penser que ces métaux se déposent dans les sédiments.

En moyenne on a 5.17 Mg de plomb par Kg de crevette (Min = 2 et Max = 7 mg/l). Dans les sédiments, il y a en moyenne 12,62 Mg/Kg de plomb. On enregistre les plus fortes teneurs du métal au niveau des stations des ponts (58,7 Mg/l), de Hindé (28,68 Mg/l) et de Tchonvi 1 et 2 (14,83 et 13,15 Mg/l).

### **3- DISCUSSION**

#### **Physico-chimie de l'eau**

La transparence et la profondeur moyennes de l'eau respectivement de 80,14 cm et 1,64 m sont plus élevées que celles obtenues par Egounlety (2005) entre mai et août 2005 et Niyonkuru (2001). Ces différences pourraient être dues d'une part à la période et les stations d'échantillonnage qui ne sont pas les mêmes. En effet, Niyonkuru (2001) a effectué l'échantillonnage sur toute l'année (période de basses et de

hautes eaux). Cependant, les stations les plus profondes (celles du chenal de Cotonou) n'ont pas été échantillonnées par ce dernier.

La salinité moyenne de l'eau (19,01 g/l en surface et 19,3 g/l au fond) est relativement faible pour ce mois (avril). Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par Niyonkuru (2001) et Mama et *al* (2011). Ces différences pourraient être liées cette année à la précocité des pluies au sud et dans la partie nord du bassin. En revanche, les valeurs du pH obtenues pour cette période sont relativement plus élevées (9,24 en surface et 9,11 au fond de l'eau) que celles recueillies pour la même période par ces auteurs.

Les concentrations moyennes du plomb (0,964 Mg/l en surface et 0,959 Mg/l au fond) dans l'eau sont plus élevées par rapport aux normes acceptables en milieu aquatiques. Selon Gaujous (1995) la valeur tolérable ne dépasse pas 0,1 mg/l. Les valeurs obtenues pour cette étude sont supérieures à celles de Roche International (2000) et Sènouvo (2002). Cela pourrait s'expliquer par le fait que pour ce dernier, l'échantillonnage a eu lieu en période de crue (septembre).

### **Teneur du plomb dans les sédiments et les crevettes**

Les valeurs trouvées dans cette étude au niveau de la station de Ganvié ((3,26 mg/kg) sont de loin inférieures aux 37 mg/kg de Roche International (2000). Par contre, les valeurs trouvées à Dékanmè (11,8mg/kg) sont supérieures à celles de Roche International (2000). Les valeurs de Nokoué centre sont proches dans les deux cas. Les investigations n'ayant pas été faites au cours de la même période il serait difficile de déterminer l'origine des différences. Toutes fois les pollutions accidentelles liées au trafic des produits pétroliers frelatés peuvent être une voie possible de la contamination en plomb. Une étude étalée sur toute l'année permettrait de tirer des

conclusions fiables. La concentration moyenne obtenue pour le plomb au cours de la présente étude est 5.17 mg/ Kg de crevette. Cette valeur est supérieure au seuil de l'OMS et à la norme européenne adaptée de 0,5 mg/kg. L'accumulation du plomb dans les organismes aquatiques peut s'expliquer non seulement par les raisons évoquées plus haut mais aussi par le caractère bio-disponible du métal.

## **CONCLUSION**

L'étude révèle des concentrations élevées du plomb dans les sédiments sans être au-dessus de la norme. Une corrélation significative est observée au niveau du plomb entre l'eau de surface et de fond d'une part et entre l'eau de surface et les crevettes d'autre part. Les sources probables des divers métaux étudiés seraient d'origine anthropique, les usines environnant le lac sans oublier les apports du bassin versant. Cette étude doit être poursuivie notamment en ce qui concerne la teneur du mercure un autre métal toxique dans tout l'écosystème aquatique, la teneur des métaux lourds dans les crevettes séchées, fumées ou frites pour proposer la manière la plus appropriée pour la consommation.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient le personnel du Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture (LHA) de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC) ainsi que les pêcheurs et les mareyeuses, sans oublier la Direction des Pêches du Bénin, qui ont aidé à la collecte des données au niveau des plans d'eau. Ils adressent leurs profondes gratitudeux aux responsables du CRA-Agonkanmè.



## REFERENCES

1. **Assih, B.T., 2006** - Contribution à l'évaluation de la pollution de la lagune de Lomé : impact sur la qualité des produits de pêche. *Mémoire pour l'obtention du diplôme de DESS en management environnemental et qualité des eaux, UAC, Bénin.* 62 p.
2. **Bada, G., 2005** - Recherche sur la pollution des métaux lourds (Plomb et mercure) et des polluants inorganiques : cas du lac Nokoué. *Mémoire pour l'obtention de Maîtrise Professionnelle en Géographie, UAC, Bénin.* 75 p.
3. **Beach, L.; Brodie, K.; Doidge, P., Frary,B., Knowles,M.; Moffett,J. & Shaw,R.1988** - Analytical methods for graphite tube atomizer. Australia, 193 p
4. **Chiffoleau, J.-F. D. Auger., 2003** - Dosages de certains métaux traces dans les organismes marins par absorption atomique, Ifremer, France. 36p.
5. **Chiffoleau, J.-F. D. Auger, Boutier B., Rozuelle E. &Truquet T I., 2003** - Dosage de certains métaux dans les sédiments et la matière organique en suspension par absorption atomique. Ifremer, Ministère de l'écologie et du développement durable, France. 45 p.
6. **Chikou A., Agadjihouèdé H., Hinvi C. L., N. L. Y. Amoussou Y. L. N., Fagnon M. S.&Lalèyè P. 2013.** Comparative study of the effect of the diet ration on the oxygenconsumption of juvenilecichlidfishOreochromisniloticus, Sarotherodonmelanotheron and Tilapia guineensisreared in concrete tanks. Communication (orale) présentée au 5ème conférence internationale de l'Association Panafricaine sur la Pêche et les Poissons (PAFFA 5), du 16-20 septembre 2013. Bujumbura, Burundi. p 60
7. **Chikou, A. 2006.** Etudes de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats



- (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse de doctorat, ULg, 459p.
8. **Direction Des Pêches ,2007** - Statistiques des pêches continentales. Année 2007
  9. **Egounlety, A., 2005** - Etude de l'écologie et de l'exploitation des crevettes Pénéidés du complexe Lagunaire Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo du sud Bénin. *Mémoire de DESS en Aménagement et gestion des écosystèmes aquatiques, UAC. 75p + annexes.*
  10. **Gaujous, D., 1995** - La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire, Paris, France. 217 p.
  11. **Griessinger, J.M. ; Lacroix, D. &Gondouin, P., 1991** - L'élevage de la crevette tropicale. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, France. 372p.
  12. **Kouton, M., 2004** - Diversité, écologie et exploitation des crevettes de la basse vallée de l'Ouémé : cas de la commune d'Adjohoun en République du Bénin. *Mémoire d'Ingénieur Agronome, UAC, Bénin.*
  13. **Mama D., Deluchat V.,Bowen J.,Chouti W.,Yao B.,Gnon B. &Baudu M., 2011** - Caractérisation d'un Système Lagunaire en Zone Tropicale: Cas du lac Nokoué (Bénin). *European Journal of ScientificResearch . Vol 56. (4): 516-528.*
  14. **Niyonkuru, C., 2001** - Les variations spatio-temporelles de la faune ichtyologique du lac Nokoué en République du Bénin. *Mémoire pour l'obtention du DESS en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. UAC. 127p + Annexes.*
  15. **Roche International., 2000** - Etude du projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin. Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement, volume I. 87 p.



16. **Rouessac, F, A. Rouessac & D. Cruche., 2004** - Analyse chimique: méthodes et techniques instrumentales modernes cours et exercices corrigés, Paris. 461 p.
17. **Sènouvo, P., 2002** - Etude de l'impact des pollutions en métaux lourds (Plomb, Cuivre, et Zinc) sur l'écologie de l'huître *Crassostrea gasa* en zones urbaines du lac Nokoué et du Chenal de Cotonou. *Mémoire de DEA en Gestion des ressources naturelles et aménagement, UAC, Bénin. 64p.*