



## Caractérisation physicochimique de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin) et mise en relief de la pollution par le mercure, le cuivre et le zinc

<sup>1,2</sup>CHOUTI Waris\*, <sup>1,2</sup> MAMA Daouda, <sup>2</sup>ALASSANE Abdoukarim, <sup>2</sup>CHANGOTADE Odilon, ALAPINI François, <sup>2</sup>BOUKARI Moussa, <sup>3</sup>AMINOOU Taoffiki et <sup>2</sup>AFOUDA Abel

<sup>1</sup>Laboratoire de Chimie Inorganique et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, BP : 4521 Cotonou Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, 01 BP : 526 Cotonou Bénin

<sup>3</sup>Laboratoire d'Expertise et de Recherche en Chimie de l'Eau et de l'Environnement (LERCEE), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, 01 BP : 526 Cotonou Bénin

\*Auteur correspondant e-mail : [lawaniwaris@yahoo.fr](mailto:lawaniwaris@yahoo.fr) Tél : 00229 97 48 73 20

Original Submitted In 16<sup>th</sup> March 2011. Published online at [www.biosciences.elewa.org](http://www.biosciences.elewa.org) on July 11, 2011.

### RESUME

*Objectifs* : Analyser le mercure, le cuivre, le zinc et les éléments majeurs dans les eaux de quelques points qui entourent Bouédomey, un point de la lagune de Porto-Novo où des teneurs très élevées en mercure sont signalées dans des études antérieures.

*Méthodologie et résultats* : Le mercure a été déterminé d'après la méthode de pré concentration à la vapeur froide suivie d'un dosage colorimétrique au spectrophotomètre HACH DR2800, le cuivre par la méthode de Bicinchroninate et le zinc par la méthode de Zincover. Les éléments minéraux majeurs (cations et anions) sont mesurés avec le chromatographe ionique DIONEX ICS-1000. Les échantillons d'eaux sont filtrés et injectés dans l'appareil. Le traitement des données a été fait avec le logiciel SPSS 12.

Les résultats ont montré que la concentration en mercure à Bouédomey (7,25 µg/L) est plus élevée qu'aux huit autres points qui l'entourent. De plus, de façon générale, on remarque que plus on s'éloigne de Bouédomey plus la concentration en mercure diminue. Bouédomey semble être une source de pollution en mercure. Douane Topka, un point jadis situé à côté d'un dépôt sauvage de déchets, est très pollué par le cuivre (0,16 mg/L) et le zinc (5 mg/L).

*Conclusions et applications* : Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle Bouédomey est alimenté des eaux souterraines et est une source de pollution de la lagune par le mercure. Ces résultats peuvent servir de base aux politiques environnementales nationales et autres qui visent à protéger la lagune et les organismes qui y vivent.

**Mots-clés** : lagune de Porto-Novo, Bouédomey, pollution, mercure, cuivre, zinc

### ABSTRACT

*Objectives*: To study the concentration of mercury, copper and zinc at some points around Bouédomey Porto-Novo lagoon where concentrations of mercury were detected during previous studies.

*Methodology and results*: Mercury concentration was determined using the preconcentration method with

cold vapor followed by colorimetry with spectrophotometer model HACH DR2800. The copper concentration was determined using the Bicinchoninate method and the zinc by the Zincover method. The major minerals (cations and anions) were measured using ionic chromatograph DIONEX ICS-1000. The different water samples were filtered and ejected in the device. Data were analyzed using SPSS software version 12. The results showed that the concentration of mercury at Bouédomey higher than the other surrounding points. In general the further one moves away from Bouédomey the more the decrease in the concentration of mercury. The results suggest that Bouédomey is a source of mercury polluting the environment. Douane Tokpa, another point that in the past was located near a garbage dump, was determined to be highly polluted by copper and zinc.

*Conclusion and application:* These results confirm the hypothesis that Bouédomey is supplied by groundwater and is a source of mercury pollution in the lagoon. The results could serve as a basis for formulating national policies and other environmental policies designed to protect the coastal lagoons and organisms inhabiting them.

**Keywords:** Porto-Novo lagoon, Bouédomey, pollution, mercury, copper, zinc

## INTRODUCTION

La pollution par les métaux est un problème mondial qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à haut degré de qualité (Bouih et al., 2005). Dans certains écosystèmes, ces produits chimiques peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et/ou végétales et par conséquent, entraîner le dysfonctionnement de la chaîne trophique (faible biodiversité...) (Gold, 2002). La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant (Reyms-Keller et al., 1998). Le cas africain est plus préoccupant à cause de la vulnérabilité des états qui manquent de moyens financiers et parfois techniques que nécessiterait la restauration d'un site aquatique pollué. Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique (eau, sédiment, faune et flore) (Langstone, 1999). Or l'importance de ces écosystèmes dans l'économie ne cesse de croître. De même, les lagunes sont des écosystèmes très riches en biodiversité. Elles servent d'habitats irremplaçables, de zones de ponte et de nurseries pour de nombreuses

espèces (Ruiz, 2006). Mais elles sont naturellement vulnérables et leur équilibre écologique peut être rapidement modifié sous l'influence de facteurs naturels ou anthropiques (inondation mal gérée, pollution industrielle, rejets de déchets urbains importants) (Kouassi, 2005).

La lagune de Porto-Novo, troisième plan d'eau productif du sud-Bénin après le lac Nokoué et le lac Ahémé, subit l'impact des activités anthropiques et de la mauvaise gestion des déchets de la ville de Porto-Novo. Des études antérieures ont montré que les teneurs moyennes annuelles en mercure des eaux et des sédiments analysés entre 2008 et 2009 sont toutes élevées (Chouti et al., 2010a et 2010b) et menacent la vie des organismes aquatiques qui y vivent. Ces études ont permis de savoir que les valeurs obtenues à Bouédomey sont les plus élevées lors des quatre périodes de l'année.

La présente étude vise donc à situer la source de pollution de la lagune par le mercure en analysant quelques points situés autour de Bouédomey. Elle a également permis d'analyser le cuivre et le zinc qui n'ont été pris en compte par les études antérieures.

## MATERIELS ET METHODES

**Sites d'étude :** Les points de prélèvements ont été choisis, pour les analyses de cuivre et de zinc, en tenant compte des déversements domestiques, eaux de ruissellement et apport du Lac Nokoué. Huit points

ont été choisis, pour l'analyse du mercure, autour de Bouédomey afin de mieux cerner la pollution de la lagune par cet élément.

**Prélèvement des échantillons :** Les flacons en

plastique utilisés pour les prélèvements d'eau sont préalablement lavés et rincés au laboratoire ; ils sont également rincés avec l'eau à prélever sur le terrain, le

prélèvement d'eau est effectué à environ 5 cm de la surface, les flacons remplis complètement sont fermés hermétiquement pour éviter toute fuite de gaz.

**Tableau 1** : Sites de prélèvements des eaux de la lagune.

Sites	Nom	Raisons du choix du site	Coordonnées géographiques
1	L'embarcadère de Djassin	Il permet d'apprécier l'influence du trafic humain et des marchandises partant de ce point à destination des Aguégus.	N06°28'28.6" E002°35'27.7"
2	Bouédomey,	Situé au milieu de la lagune ce point constituait une source d'approvisionnement en eau des populations des Aguégus, ses eaux ne sont jamais salées selon les propos des riverains.	N06°29'49.9" E002°34'13.3"
3	Canal de Totchè	C'est par ce point que communique le Lac Nokoué avec la lagune. Il permettra de mesurer donc l'apport du Lac Nokoué	N06°27'14.5" E002°34'51.3"
4	Douane Topka	Il permet de mesurer l'apport du petit marché situé non loin du pont de Porto-Novo.	N06°27'59.4" E002°37'21.4"
5	IBCG	IBCG est une savonnerie située non loin de la lagune. Donc il s'agit de mesurer l'influence d'éventuels rejets.	N06°27'45.1" E002°38'25.4"
6	Hôtel Beau Rivage	C'est un complexe hôtelier	N06°28'14.4" E002°36'18.4"

Compte tenu des résultats obtenus lors des études antérieures pour le mercure, les eaux de dix points ont

été analysées afin de situer la source de pollution par le mercure.

**Tableau 2** : Sites de prélèvement des eaux autour de Bouédomey

Code du point de prélèvement	Position autour de Bouédomey	Code du point de prélèvement	Position autour de Bouédomey
E2	Bouédomey		
E2_ (1,5m)	Bouédomey à 1,5m de profondeur	E2-8	200m vers l'Est
E2-1	100m vers le Nord	E2-9	400m vers l'Est
E2-1_ (1,5m)	100m vers le Nord à 1,5m de profondeur	E2-10	600m vers l'Est
E2-2	200m vers le Nord	E2-11	100m vers l'Ouest
E2-3	100m vers le Sud	E2-12	200m vers l'Ouest
E2-4	150m vers le Sud	E2-13	300m vers l'Ouest
E2-5	200m vers le Sud	F1	Forage de Vakou Anago
E2-6	300m vers le Sud	F2	Forage de Vakou Adanhou
E2-7	100m vers l'Est	F3	Forage de Vakou Kpozoungo

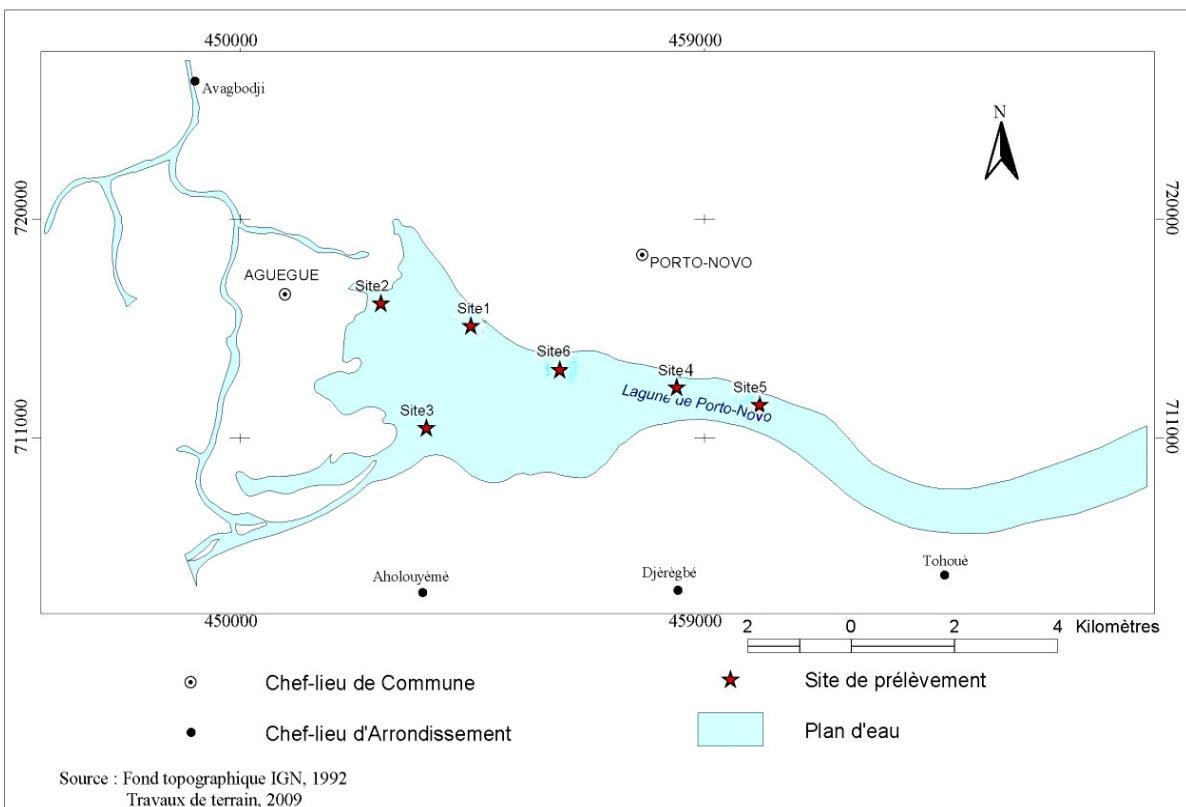


Figure 1 : Répartition des sites de prélèvement des échantillons

**Méthodes d'analyse :** Le mercure a été déterminé d'après la méthode de pré concentration à la vapeur froide suivie d'un dosage colorimétrique au spectrophotomètre HACH DR2800. Le cuivre est déterminé par la méthode de Bicinchronate et le zinc par la méthode de Zincover. Les éléments minéraux majeurs (cations et anions) sont mesurés avec le

chromatographe ionique DIONEX ICS-1000. Les échantillons d'eaux sont filtrés et éjectés dans l'appareil. Les résultats sont obtenus 14 minutes après sur l'écran de l'ordinateur relié au chromatographe.

**Analyse des données :** Le traitement des données a été fait avec le logiciel SPSS 12.

## RESULTATS

Lors de campagne de Novembre 2010, dix points de prélèvements sont choisis autour de Bouédomey. Les eaux de trois forages situés à Vakon (un village situé non loin de la lagune) ont été prélevées pour faire des comparaisons.

**Paramètres physicochimiques :** Les conductivités des eaux de forage sont inférieures aux conductivités des eaux de la lagune. De même, les eaux des forages sont plus acides. Toutes les eaux de la lagune analysées ont une teneur en oxygène dissous inférieure à 1 mg/L et toutes les eaux ont une salinité nulle (tableau 3).

**Les anions :** Le fluor est absent dans les eaux de

forage alors qu'il est présent dans toutes les eaux de la lagune. Par contre les nitrates, les chlorures et les sulfates sont plus présents dans les eaux des forages que dans les eaux de la lagune (Tableau 4).

**Les cations :** Les eaux des forages sont plus faibles en potassium, en manganèse et en calcium (Tableau 5).

**Campagne de Janvier 2011 :** Huit points de prélèvement ont été choisis pour la campagne de Janvier 2011 afin d'analyser le cuivre, le zinc et le mercure.

Tableau 3 : Paramètres physicochimiques des eaux analysées

Points de Prélèvement	T°C	Conductivité (µS/cm)	Salinité	TDS (mg/L)	pH	O <sub>2</sub> (mg/L)
E2	28,3	74,8	0	31	6,2	0,12
E2_ (1,5m)	28,3	75	0	31	5,68	0,1
E2-1	28,7	78	0	32	7,2	0,3
E2-1_ (1,5m)	28,7	78	0	32	7,2	0,3
E2-2	28,7	85	0	35	7,1	0,25
E2-6	28,4	73	0	30	6	0,05
E2-8	29	70,5	0	29	6,55	0,15
E2-9	29	79,7	0	33	6,75	0,42
E2-10	29,2	85,2	0	35	7	0,58
E2-12	29,3	71,5	0	29	7,05	0,3
E2-13	28,9	78,6	0	32	7	0,28
F1	29,9	56,5	0		4,75	
F2	29,7	47,1	0		4,63	
F3	29,3	37,3	0		4,83	

Tableau 4 : Concentrations en éléments majeurs (anions) des eaux

	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
E2	1,1386	3,1357	0	0	0,3394	0,0374	0,2741
E2_ (1,5m)	0,2205	3,5213	0	0	0,4774	0,0362	0
E2-1	0,1099	2,0722	0	0	0,2435	0	0,2477
E2-1_ (1,5m)	0,2732	2,1055	0,0306	0	0,2931	0	0,4345
E2-2	0,2116	1,7761	0	0	0,2778	0,0466	0,2357
E2-6	1,0542	3,2244	0	0	0,1287	0	0,2258
E2-8	0,3689	3,0152	0	0	0	0	0,2711
E2-9	0,246	2,0162	0	0	0,1748	0	0,2657
E2-10	0,1859	2,2899	0,0161	0	0,2868	0,0827	0,4882
E2-12	0,1201	2,7198	0,0147	0	0,3228	0	0,2937
E2-13	1,0439	1,9912	0	0,0193	0	0	0,2576
F1	0	5,5895	0,0307	0	8,7099	0	0,5592
F2	0	6,2455	0	0	0,27	0	3,5891
F3	0	3,61	0	0	5,9185	0	0,609

Tableau 5 : Concentrations (mg/L) en éléments majeurs (cations) des eaux

	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
E2	0	5.28	0	1.75	3.1	5.47
E2 (1.5m)	0	5.15	0.03	1.7	3.78	27.27
E2-1	0	5.28	0	1.54	3.2	6.63
E2-1 (1.5m)	0	5.34	0	1.53	3.22	6.6
E2-2	0	4.87	0	1.73	3.03	6.62
E2-6	0	5.09	0.21	1.71	2.59	5.33
E2-8	0	5.26	0.05	1.67	3.13	5.35
E2-9	0	5.46	0	1.63	3.83	26.18
E2-10	0	5.83	0	1.98	3.4	7.57
E2-12	0	5.09	0.21	1.71	2.6	5.33
E2-13	0	5.31	0	1.47	3.51	26.25
F1	0	4.81	0	0.21	1.04	2.2
F2	0.03	3.65	0.1	0.44	0.93	1.7
F3	0	2.87	0	0.16	0.86	1.67

**Paramètres physicochimiques :** Toutes les eaux de la lagune autour de Bouédomey ont une salinité nulle, un TDS et une conductivité très faibles alors que les

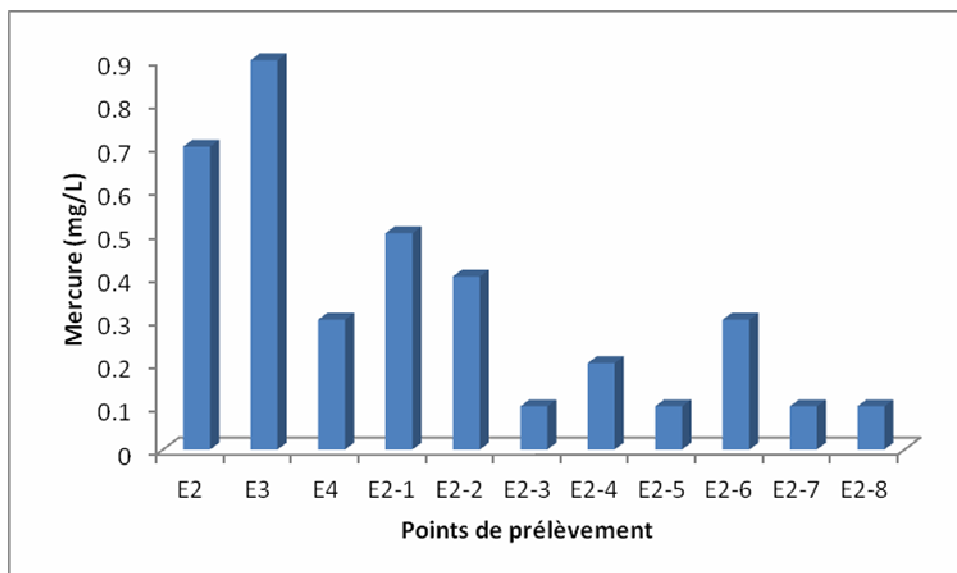
eaux des autres points sont salées avec un TDS et une conductivité élevés.

**Tableau 6 :** Paramètres physicochimiques lors de la campagne de Janvier 2011

	T°C	Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	TDS (mg/L)	Salinité
<b>E1</b>	27,4	692	336	<b>0,1</b>
<b>E2</b>	25,4	50,2	25	<b>0</b>
<b>E2-1</b>	25,4	50	25	<b>0</b>
<b>E2-2</b>	25,4	50,5	25	<b>0</b>
<b>E2-3</b>	25,4	51,3	25	<b>0</b>
<b>E2-4</b>	25,5	53,9	27	<b>0</b>
<b>E2-5</b>	27,4	251	122	<b>0</b>
<b>E2-7</b>	26,2	77,1	41	<b>0</b>
<b>E2-8</b>	28,1	203	98	<b>0</b>
<b>E2-11</b>	27,4	228	111	<b>0</b>
<b>E3</b>	<b>29</b>	12580		7,3
<b>E4</b>	28,7	1662	887	<b>0,8</b>
<b>E5</b>	28,8	626	309	<b>0,1</b>
<b>E6</b>	28,4	896	438	<b>0,2</b>

**Le mercure, cuivre et zinc :** On constate que la concentration du mercure à Boudomey est plus que les concentrations des huit point de prélèvement qui l'entourent. De plus, on observe, de manière générale, une diminution des concentrations lorsqu'on s'éloigne

de Bouédomey (figure 2). Bouédomey pourrait constituer donc une source de pollution de la lagune en mercure. Douane Topka est le point le plus pollué en cuivre et zinc (figure 3 et 4).



**Figure 2 :** Concentration en mercure lors de la campagne de 2011

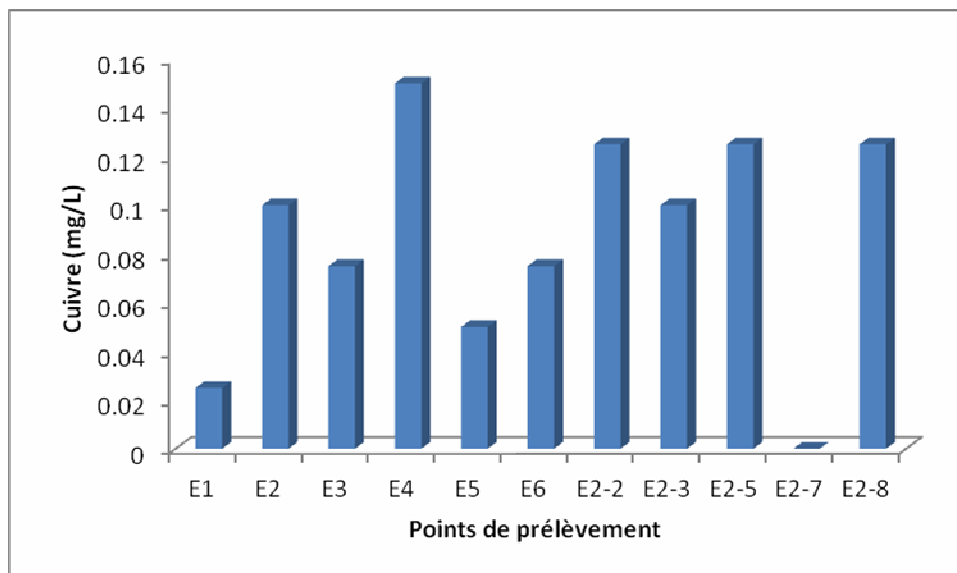


Figure 3 : Concentration en cuivre lors de la campagne de 2011

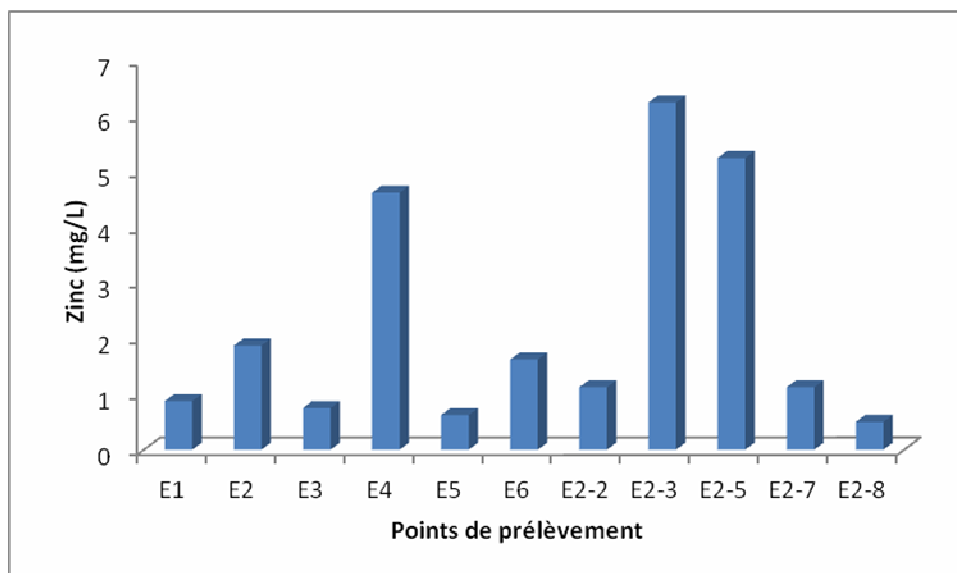


Figure 4 : Concentration en zinc lors de la campagne de 2011

## DISCUSSIONS

Le mercure est naturellement présent dans l'environnement, mais des quantités appréciables pénètrent dans les écosystèmes à partir des émissions, des réémissions et des rejets anthropiques (CCME, 2003). Il est très toxique aux organismes aquatiques et plusieurs tests effectués sur les organismes aquatiques (Snarski et Olson, 1982 ; Biesinger *et al.*, 1982) montrent que les teneurs obtenues à tous les points étudiés de la lagune de Porto-Novo dépassent les valeurs de toxicité chroniques indiquées (entre 1,28 à 12,0 µg/L pour les invertébrés et entre 0,26 et 64 µg/L pour les poissons). Le mercure est donc une des causes de la mauvaise

qualité des eaux de la lagune et par conséquent sa teneur élevée dans la lagune expliquerait en partie la mort des poissons souvent constatée par les pêcheurs (Chouti *et al.*, 2010a).

La toxicité du mercure présente une corrélation inverse avec la salinité et la teneur en oxygène (Civin-Aralar et Furness, 1991; Slooff *et al.*, 1991; Snell *et al.*, 1991). Or les teneurs en oxygène sont faibles à Bouédomey et aux points qui l'entourent. De même, la salinité est nulle alors qu'elle ne l'est pas aux autres points de la lagune en saison sèche ; période au cours de laquelle la lagune reçoit les eaux marines par

l'intermédiaire du lac Nokoué. Il faut signaler que les eaux de Bouédomey sont autrefois bues par les populations et continuent d'être utilisées par une partie des populations pour différents travaux domestiques. Ces eaux constituent donc un véritable danger non seulement pour les organismes aquatiques qui y vivent mais également pour la santé humaine.

Les résultats ont montré que la concentration en mercure de Bouédomey est supérieure à toutes les concentrations des points qui l'entourent. De même, ces concentrations en mercure diminuent, en général, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de Bouédomey. Bouédomey constituerait donc une source de pollution ponctuelle de la lagune par le mercure.

A Douane Tokpa, les valeurs du zinc et du cuivre

## CONCLUSION

Les résultats viennent confirmer l'hypothèse selon laquelle Bouédomey serait alimenté par des eaux souterraines et est une source de pollution de la lagune par le mercure. Ces résultats peuvent servir de base aux politiques environnementales nationales et

sont élevées. Les études antérieures (Chouti, 2010a) ont aussi montré que c'est à ce point que les valeurs du fer, du manganèse et du chrome sont plus élevées. Un dépôt sauvage de déchets existait non loin de ce point ; il constitue, par dissolution des métaux dans les eaux de ruissellement, une source de pollution de la lagune. La mauvaise gestion des déchets solides et liquides de la ville de Porto-Novo et surtout les déchets déposés le long de la lagune sont responsables de la mauvaise qualité des eaux de la lagune. En effet, plusieurs études ont montré que les déchets municipaux contiennent des quantités importantes de métaux en général et de zinc et de cuivre en particulier (Adjia et al., 2008 ; Adefemi et Awokunmi, 2009 ; Awokunmi et al., 2010).

autres qui visent à protéger la lagune et les organismes qui y vivent. D'autres études seraient nécessaires (analyse isotopique, recherche géologique) pour approfondir les résultats obtenus.

## RÉFÉRENCES

- Adefemi S. O. and E. E. Awokunmi, 2009. The impact of municipal solid waste disposal in Ado-Ekiti metropolis, Ekiti-State, Nigeria. *Afr. J. Environ. Sci. and Tech.* 3 (8):186-189.
- Adjia R., W. M. L. Fezeu, J. B. Tchatchueng, S. Sorho, G. Echevarria, M. B. Ngassoum, 2008. Long term effect of municipal solid waste amendment on soil heavy metal content of sites used for periurban agriculture in Ngaoundere, Cameroon. *Afr. J. Environ. Sci. Techn.* 2 (12) : 412-421.
- Awokunmi E. E., S. S. Asaolu<sup>1</sup> and K. O. Ipinmoroti, 2010. Effect of leaching on heavy metals concentration of soil in some dumpsites. *Afr. J. of Environ. Sci. Techn.* 4(8): 495-499.
- Ben Bouih H., H. Nassali, M. Leblanset A. Shiri, 2005. Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc). *Afr. Sci.* 01(1) : 109 - 125.
- Biesinger K., E. Anderson, Eaton G., 1982. Chronic effects of inorganic and organic mercury on *Daphnia magna*: toxicity, accumulation, and loss. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 11:769-774.
- Chouti W, Mama D, Alapini F. 2010a. Etude des variations spatio-temporelles de la pollution des eaux de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4): 1017-1029.
- Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F, Boukari M, 2010b. Étude des éléments traces métalliques contenus dans les sédiments de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). *J. Applied. Biosci* 34: 2186- 2197.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2003. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique : mercure inorganique et méthylmercure. Dans : Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.
- Cuvin-Aralar, M. L. A. et R. W. Furness, 1991. Mercury and selenium interaction: a review. *Ecotoxicol. Environ. Safe.* 21:348-364.
- Gold C., 2002. Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphytiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, 175 pp.
- Kouassi AM, 2005. Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales (Ebrié et Grand



- Lahou). Thèse de doctorat, Université de Cocody : 147 pages.
- Langstone W, G Burt, Pope N. 1999. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 48 (1999) 519-540.
- Reyms-Keller A, E. Olson, M. McGaw, C. Oray, O. Carlson and Beaty B. 1998. Ecotoxicol. Environ. Saf., 39 () 41-47.
- Ruiz, 2006. The present environmental scenarion of El Melah Lagoon (NE Tunisia and its evolution to a future sabkha). Journal of African Earth Sciences 44: 289-302.
- Slooff, W., P. F. H. Bont, M. van Ewijk et J. A. Janus, 1991. Exploratory report mercury. National Institute of Public Health and Environmental Protection, 710401006. Bilthoven, Pays-Bas.
- Snarski V. et Olson G., 1982. Chronic toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). Aquat. Toxicol. 2:143-156.
- Snell, T. W., B. D. Moffat, C. Janssen et G. Persoone, 1991. Acute toxicity tests using rotifers. III. Effects of temperature, strain and exposure time on the sensitivity of *Brachionus plicatilis*. Environ. Toxicol. Water Qual. An Inter. J. 6:63-75.
- Wu , Y. F.; Liu , C. Q.; Tu , C. L., (2008). Atmospheric deposition of metals in TSP of guiyang, PR China. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 80 (5), 465-468.