

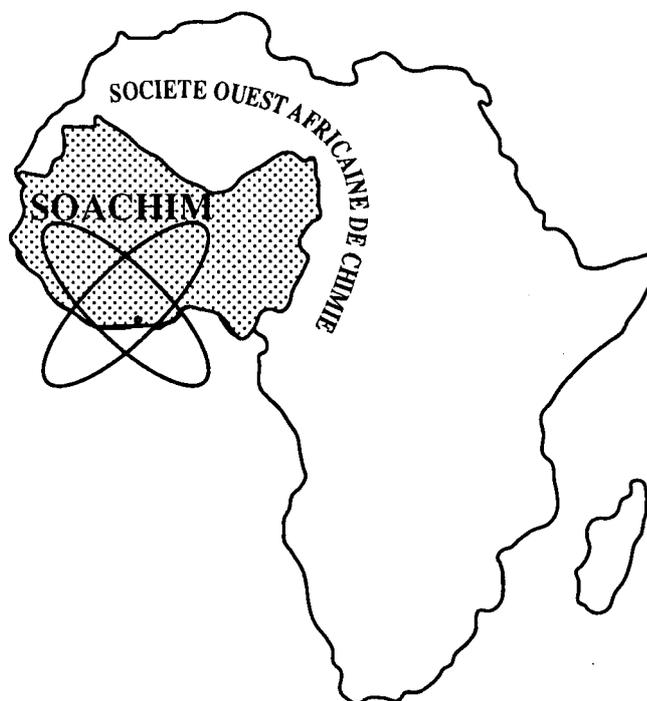
Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic

**Fidèle Dimon, Flavien Dovonou , Naéssé Adjahossou,
Waris Chouti , Daouda Mama , Abdoukarim Alassane,
Moussa Boukari .**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2014), 037 : 36- 42

19^{ème} Année, Juin 2014



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2
Cote INIST (CNRS France) : <27680>
Site Web: <http://www.soachim.org>

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

Fidèle Dimon¹, Flavien Dovonou^{2*}, Naéssé Adjahossou³, Waris Chouti², Daouda Mama², Abdoukarim Alassane², Moussa Boukari².

¹*Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, 03 BP : 1665 Cotonou (Rép. du Bénin)*

²*Laboratoire d'Hydrologie Appliquée de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, 01 BP : 526 Cotonou Bénin*

³*Laboratoire Pierre PAGNEY, Eaux, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), 01 BP : 526 Cotonou Bénin*

(Reçu le 16/09/2013 – Accepté après corrections le 25 /08/ 2014)

Résumé : Le lac Ahémé connaît de graves problèmes environnementaux qui menacent son existence. En effet, le rejet des ordures ménagères et résidus solides de tout genre, l'utilisation des barques motorisées, les rejets des eaux urbaines en provenance des agglomérations riveraines, les apports du fleuve Couffo, sont sources d'une contamination de cet écosystème par les polluants chimiques et les métaux lourds. Cette étude a caractérisé la pollution de l'eau du lac et des sédiments. Des échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés à cet effet. Ils ont subi les traitements nécessaires par minéralisation, avant leurs analyses par le spectrophotomètre HACH DR5000 au laboratoire. Les résultats des analyses des eaux du lac ont révélé la faible oxygénation de l'eau par endroit (0,71 mg/L). La conductivité est très élevée à Guézin (11700 µS/Cm) ; la teneur des solides totaux dissous est de 11820 mg/L à Guézin. On note aussi la présence du nitrate; du nitrite; du phosphore total et du phosphate. La recherche des métaux lourds dans les sédiments a révélé leur présence. Les teneurs les plus élevées sont obtenues à Agonsa avec des valeurs respectives en Plomb : 25 mg/Kg ; Zinc : 140 mg/Kg ; Arsenic : 140 mg/Kg. Les sédiments du lac Ahémé connaissent donc un début de pollution par les métaux lourds.

Mots clés : Pollution, lac Ahémé, environnement, qualité chimique de l'eau, métaux lourds.

Physico-chemical characterization of Ahémé lake (South Benin) and sediments pollution by lead, zinc and arsenic

Abstract : Ahémé lake faces serious environmental problems that threaten its existence. Indeed, the rejection of garbage and solid waste of any kind, the use of motorized boats, discharges of urban waste water from agglomerations riparian contributions Couffo River, are sources of contamination of the ecosystem by chemical pollutants and heavy metals. This study interest on Ahémé lake and sediments pollution by some heavy metals. Samples of water and sediment were collected for this purpose. They underwent the necessary treatments mineralization before their analysis by HACH DR5000 spectrophotometer in the laboratory. The analysis results revealed somewhere, a low oxygenation of water (0.71 mg / L). The conductivity is very high in Guézin (11700 µS/Cm) and the content of total dissolved solids is 11 820 mg / L It is also noted the presence of nitrate, nitrite, total phosphorus and phosphate. The determination of heavy metals in sediments revealed their presence and the highest tenors are obtained in Agonsa with lead (25 mg/Kg), zinc (140 mg/Kg) and arsenic (140 mg/Kg). The lake water is polluted and Ahémé sediments experiencing the beginning of pollution by heavy metals.

Keywords: Pollution, Ahémé Lake, environment, chemical water quality and heavy metals

* *Auteur de correspondance : Flavien Dovonou ; email : dovflav@yahoo.fr*

1. Introduction

L'expansion démographique dans les pays en voie de développement s'accompagne d'un problème qui est souvent mal géré : la gestion des déchets solides et liquides. Ces déchets continuent d'être rejetés sans traitement dans les cours (lagunes), et plans d'eau (lacs) de certaines grandes villes de l'Afrique de l'Ouest, posant de graves problèmes de santé selon le rapport de l' Evaluation des progrès du développement durable en Afrique ^[1] et Lamizana-Diallo M, Kenfach S, Millogo-Rasolodimby J ^[2]. La pollution par les métaux lourds est un problème mondial qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un haut degré de qualité Belhamra A ^[3]. 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 d'après Gold C ^[4]. De plus, la contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant Reymis-Keller A, Olson E, M, Mc Gaw, C, Oray, O, Carlson et Beaty B ^[5]. Ces métaux sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique (eau, sédiment, faune et flore) Lansgtone W. Burt R et Pope N ^[6]. Les sédiments sont donc souvent étudiés comme réservoirs ou puits de nombreux polluants chimiques selon Yao K, Soro M, Albert T et BokraY ^[7]. Ils sont des pièges à micropolluants, ils donnent une indication de la pollution historique du cours d'eau d'après Boucheseiche C, Cremille E, Pelte T et Pojer K ^[8]. C'est pour ces différentes raisons qu'ils ont été étudiés par plusieurs auteurs dans le cadre des recherches sur la qualité des cours et plans d'eau, (lagunes, et lacs) Yao K, Soro M, Albert T et Bokra Y ^[7] ont étudié les sédiments de la lagune d'Ebrié (Côte d'Ivoire) et ont conclu leur contamination par le plomb, le cuivre et le zinc. Par contre, Yacoub I., K Aka, B Dogui, Atoinette A, et Jean B ^[9] en étudiant les sédiments de la lagune de Fresco ont montré qu'ils ne sont pas contaminés par les métaux lourds, et aussi qu'ils proviennent essentiellement des apports continentaux et

océaniques. Au Bénin, une étude menée par Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F et Boukari M ^[10] a montré que les sédiments de la lagune de Porto-Novo sont pollués par le fer, le manganèse, le chrome et le zinc. Dans le but de connaître l'état de la pollution de l'eau et des sédiments du lac Ahémé par les métaux lourds, nous avons choisi, entre autres, d'évaluer d'une part la pollution physico-chimique de l'eau du lac et d'autre part d'étudier la présence des métaux suivants : le plomb, le zinc et l'arsenic dans les sédiments prélevés à cinq points du lac Ahémé.

2. Matériels et Méthodes

2.1-Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiments

Les cinq points de prélèvement ont été choisis en tenant compte des déversements domestiques, eaux de ruissellement et apports du fleuve Couffo (Tableau I). Les prélèvements ont été effectués comme indiqués suivant les deux importantes saisons de l'année à savoir le 16 juillet 2012 (grande saison de pluie) et le 22 décembre 2012 (grande saison sèche).

Les sites de prélèvement de l'eau et des sédiments sont matérialisés sur la carte de la figure 1.

2.2. Matériels et méthodes

Les eaux et les sédiments analysés ont été prélevés aux cinq points cités précédemment du lac (Figure 1). Les eaux ont été prélevées dans des bouteilles en plastique. Elles ont été minéralisées selon la méthode Digesdahl Hach décrite par Chouti W, Mama D et Alapini F ^[10]. Le pH et l'oxygène dissous ont été mesurés par pH/Oxymétrie avec une sonde multi paramètre WTW 340i Fisher UK. La température, la conductivité et les solides totaux dissous ont été aussi mesurés à l'aide de la même sonde.

Les échantillons de sédiments ont été prélevés au moyen d'une benne Schipeck qui permet de recueillir les sédiments de 0 à 5 cm de diamètre. Les métaux (plomb, zinc et arsenic) ont été déterminés dans les sédiments par la méthode des kits MERCK au spectrophotomètre HACH DR5000.

Tableau I : Sites de prélèvement des sédiments du lac Ahémé

Sites	Nom de la localité	Raisons du choix du site	Coordonnées géographiques
1	Possotomè	C'est le site de rejet des eaux usées en provenance de l'usine de Possotomè	N06° 31. 276' ; E 001° 58. 157'
2	Bopa	Site récepteur des eaux de ruissellement de Bopa centre	N 06°35.377' ; E 001°58.250'
3	Agonsa	C'est par ce point que le fleuve Couffo communique avec le lac Ahémé	N06°35.926' ; E 001° 58. 713'
4	Dékanmè	La population très dense rejette par ce point les eaux usées et déchets solides dans le lac.	N06°33.989' ; E001°59.620'
5	Guézin	Il s'agit du canal de communication entre le lac et la mer et d'un lieu de rejet des eaux usées dans le lac.	N06°23.342' ; E001°56.352'

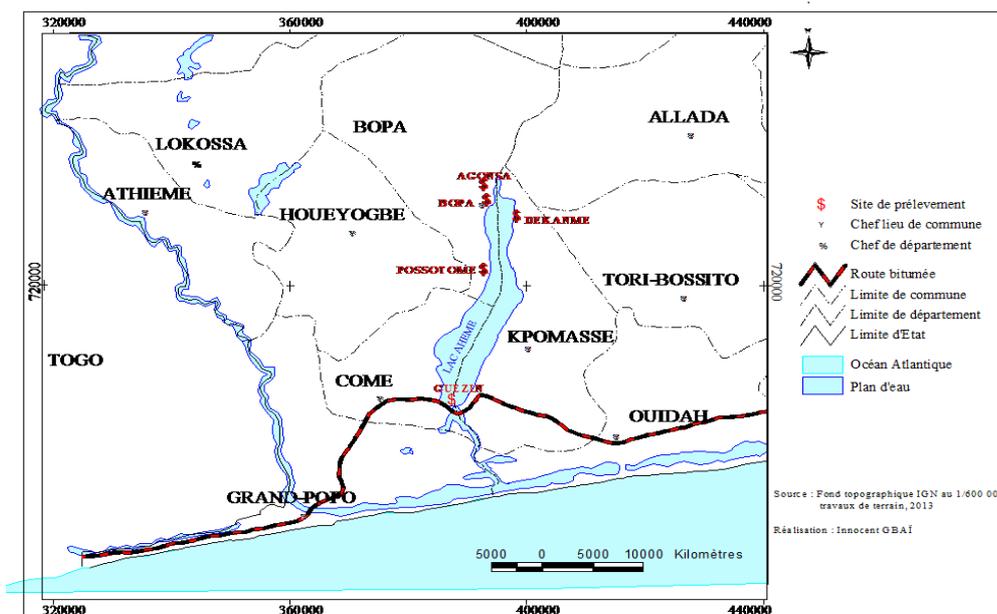


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement des échantillons d'eau et de sédiments

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau du lac

Le tableau II récapitule les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau du lac Ahémé. Les valeurs des différents paramètres varient en fonction des saisons de l'année et aussi d'une localité à une autre. De façon générale, les valeurs les plus élevées sont obtenues dans les localités de Guézin, Dékanmè et de Possotomè (**Tableau II**).

Température

Le tableau II présente les variations de la température de l'eau aux différentes stations. Bien que les mesures soient effectuées sur des eaux prélevées à 5 cm de la surface, les différentes températures enregistrées se situent dans la fourchette tolérée par les espèces aquatiques d'eau chaude (25 à 30°C) avec une variation peu significative. En effet, pour se reproduire, la plupart des tilapias qui est l'espèce dominante du lac, ont besoin d'une température d'au moins 20°C selon les auteurs Corvi, C, Zimmerli P, Ortelli D, Khim-Heang et Becker V ^[11]. On en déduit donc que la température des eaux du lac Ahémé est favorable à la vie de ces poissons.

Potentiel d'Hydrogène

Le pH exprime la concentration en ion H⁺ et mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau lue sur une échelle allant de 0 à 14. Le tableau II présente les variations du pH de l'eau aux différentes stations. On note une très faible variation du pH d'une station à une autre. Ces valeurs (8,66 et 10,51 pour la plupart) expriment une légère basicité du milieu.

Les lignes directives fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont $6,5 < \text{pH} < 9,5$. Ce qui permet de conclure que les valeurs obtenues sont dans la limite du tolérable. Signalons que selon Merceron ^[12], un pH qui tend à être basique n'est pas très favorable pour le développement des poissons qui perdent leur chair et deviennent squelettiques à maturité.

Oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans les eaux est primordiale pour la vie aquatique. Elle favorise le processus d'autoépuration des cours d'eaux avec le concours des microorganismes ^[13]. De toutes les valeurs obtenues dans le tableau II, celle de la station de Possotomè est la plus faible, soit 0,71mg/L. Ceci s'explique par une forte présence de matière organique dans cette zone car l'oxygène dissous constitue un paramètre d'une extrême importance pour apprécier l'impact de la pollution organique. En effet, les bactéries dites aérobies consomment l'oxygène de l'eau pour dégrader la matière organique. Ainsi, la baisse de la quantité d'oxygène dissous à Possotomè est caractéristique d'une pollution organique (provenant des déchets solides déversés sur la berge) beaucoup plus accentuée qu'au niveau des autres stations.

Conductivité

La conductivité d'une eau indique son aptitude à conduire le courant, qui dépend de la teneur de l'eau en sels minéraux. Les variations de la conductivité de l'eau aux différentes stations sont illustrées par le **tableau II**.

La station de Guézin a enregistré la valeur la plus élevée car étant plus proche de l'Océan Atlantique. La conductivité étant étroitement liée à la teneur en sels dissous de l'eau selon Le Pimpec P^[13], la valeur très élevée observée à la station de Guézin (11700 µS/Cm) s'explique par la pénétration de l'eau de l'Océan dans le lac Ahémé par le canal de Guézin.

Solides Totaux Dissous (TDS)

Le TDS renseigne sur la teneur en sels de l'eau. De façon générale, on constate que les valeurs les plus élevées sont obtenues sur les sites de Guézin (11 820 mg/L) et de Dékanmè (995 mg/L) et sont en corrélation avec la conductivité mesurée sur ces sites.

Le **tableau III** renseigne sur la matrice de corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques mesurés au niveau des différents sites de prélèvement de l'eau du lac.

Le calcul du coefficient de corrélation permet d'avoir une idée sur les éventuelles relations entre les paramètres : influence de l'un sur l'autre, comportement identique vis-à-vis des processus physico-chimiques. On note une bonne corrélation entre le pH, la conductivité et les solides totaux dissous d'une part et entre l'oxygène dissous, la conductivité et les solides totaux dissous d'autre part. Il faut aussi noter la bonne corrélation entre la conductivité et les solides totaux dissous. Il est à remarquer que la température et l'oxygène dissous sont négativement corrélés. Ce qui signifie que plus la température augmente, moins il y a d'oxygène dissous.

3.2. Dosage des polluants du lac

Les résultats des dosages des nutriments de l'eau du lac sont consignés dans le **tableau IV**.

- **Nitrate et nitrite** : Le nitrate a été dosé dans toutes les eaux prélevées et se situe à des concentrations variables. La plus forte valeur a été enregistrée à Agonsa et est de 0,9 mg/L (Tableau IV). Par contre la concentration en nitrite est relativement élevée à toutes les stations. Dékanmè et Bopa sont les deux stations qui ont enregistré la plus forte valeur (3 mg/L). Ces valeurs ne sont pas sans danger pour les poissons car une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique, pour les poissons même à de faibles doses selon Vissin E, Sintondji L, Houssou C^[14].

-**Phosphore total** : C'est un paramètre important de la fertilisation des plans d'eau. Il joue un grand rôle

dans la croissance planctonique. Ce nutriment est un indicateur pertinent de l'évaluation du niveau trophique des eaux. La valeur la plus élevée a été obtenue à Guézin et est de 8,91 mg/L tandis que la plus faible valeur est de 0,98 mg/L et a été mesurée à Dékanmè (**Tableau IV**).

- **Phosphate** : Une concentration en phosphate supérieure à 0,5 mg/L d'eau suffit, en présence de nitrate et d'ammonium, pour déclencher une croissance excessive de la végétation conformément à la directive-cadre européenne^[15]. C'est le processus de l'eutrophisation de l'eau, caractérisé par une croissance rapide des jacinthes et laitues d'eau. C'est ce qu'on devrait alors normalement observer au niveau du lac Ahémé au vue des concentrations de phosphates obtenues (par exemple 0,63 mg/L à Bopa). Mais c'est le phénomène contraire qui s'observe du fait de la salinité importante de l'eau. Cette salinité est due à la proximité de l'Océan.

3.3. Dosage des métaux lourds dans les sédiments du lac

- **Plomb** : La concentration en plomb dans les sédiments du lac Ahémé varie en fonction des sites de prélèvement et des périodes de l'année. Les plus grandes concentrations sont obtenues à Guézin en juillet 2012 (26,25 mg/Kg) et à Agonsa en décembre 2012 (25 mg/Kg). Ces polluants proviendraient des déchets solides ménagers et biomédicaux déversés sur la berge du lac dans ces localités. La plus faible concentration a été obtenue en décembre 2012 à Guézin (5 mg/Kg) (Figure 2).

- **Zinc** : Le zinc présente des valeurs élevées toute l'année dans les sédiments de la localité d'Agonsa. Les plus faibles valeurs sont obtenues dans les sédiments prélevés dans la localité de Guézin et sont respectivement de 35 et 25 mg/Kg pour les périodes de juillet 2012 et décembre 2012 (Figure 3). Dans les localités de Dékanmè, Bopa et Possotomè, les variations de la concentration en zinc sont relativement faibles entre juillet 2012 et décembre 2012. La plus grande valeur obtenue est de 170 mg/Kg et a été obtenue à Agonsa en juillet 2012.

- **Arsenic** : Dans la localité d'Agonsa, la concentration d'arsenic a atteint son pic (29 mg/L) en décembre 2012 La plus faible concentration a été obtenue à Dékanmè (0,3 mg/Kg) en juillet 2012 (**Figure 4**).

Tableau II : Paramètres physico-chimiques de l'eau du lac

Paramètres	Température (°C)		pH		Oxygène dissous (mg/L)		Conductivité (µS/cm)		Solides Totaux Dissous (mg/L)	
	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012
Guézin	30	30,0	10,51	6,66	8,16	1,59	11700	1082	11820	734
Dékanmè	28,2	29,1	7,26	7,03	5,18	1,69	1601	649	995	438
Agonsa	27,3	30,0	6,81	6,01	3,66	1,61	172	271	108	179
Possotomè	29,4	28,8	7,89	7,89	5,69	0,71	743	1183	444	816
Bopa	27	30,0	6,65	8,66	4,22	1,9	169,5	359	107	816

Tableau III : Matrice de corrélations entre les différents paramètres physicochimiques

Paramètres physicochimiques	Température	pH	Oxygène dissous	Conductivité	TDS
Température	1	0,108	-0,347	0,100	0,109
pH		1	0,582	0,817	0,834
Oxygène dissous			1	0,699	0,687
Conductivité				1	0,997
TDS					1

Corrélations significatives en gras (p < 0,05)

Tableau IV : Nutriments de l'eau du lac Ahémé

Paramètres	Nitrate (mg/L)		Nitrite (mg/L)		Phosphore total (mg/L)		Phosphate (mg/L)	
	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012	Juillet 2012	Décembre 2012
Guézin	0	0,5	0	0,005	8,91	2,27	0,42	0,45
Dékanmè	0,4	0,5	3	0,005	4,52	0,98	0,25	0,38
Agonsa	0,9	0,5	1	0,001	3,06	1,39	0,47	0,28
Possotomè	0,5	0,3	0	0,005	8,15	2,31	0,25	0,24
Bopa	0,7	0,5	3	0,004	8,66	1,76	0,63	0,29

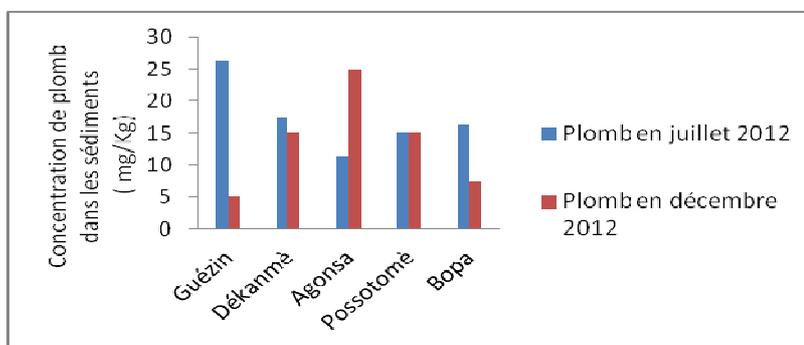


Figure 2 : Concentration en plomb dans les sédiments

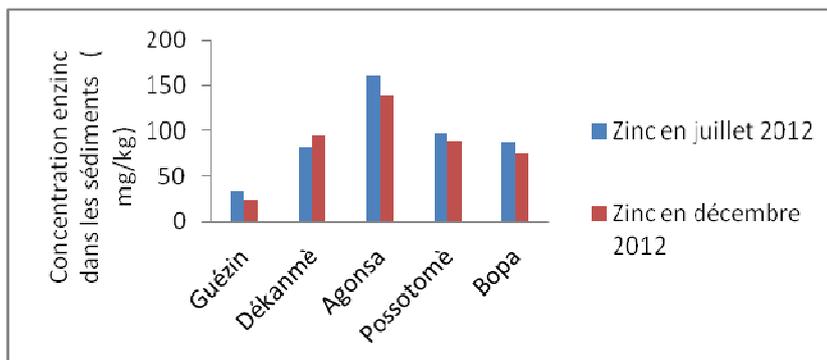


Figure 3 : Concentration en zinc dans les sédiments

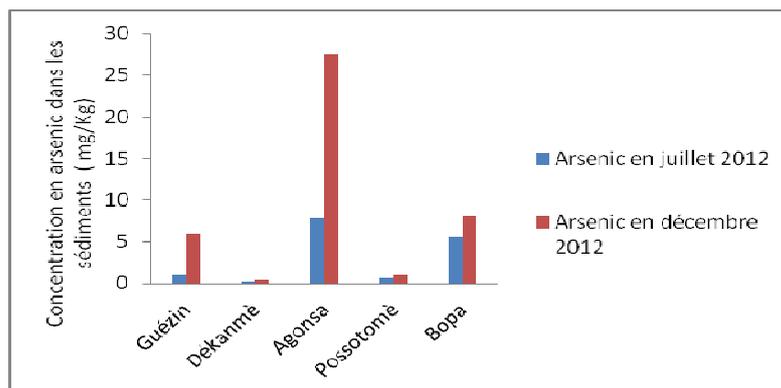


Figure 4 : Concentration en arsenic dans les sédiments

4. Discussion

La contamination de l'eau douce avec une large gamme de polluants est devenue une source de préoccupations ces dernières décennies Dirilgen N^[16]. Face à cette situation, nous nous sommes intéressés aux eaux du lac Ahémé au Sud-Bénin. Dans ce lac, la conductivité est de 11 700 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ à Guézin ; pour l'oxygène dissous sa teneur à Possotomè est de 0,71 mg/L ; le nitrate a une concentration de 0,90 mg/L à Bopa ; la concentration en nitrite est de 3 mg/L à Dékanmè ; 8,91 mg/L pour le phosphore total à Guézin et 0,63 mg/L pour le phosphate à Bopa. Il ressort de l'analyse de ces résultats que les paramètres chimiques du lac Ahémé sont au dessus de la norme de l'OMS qui recommande une teneur en oxygène d'au moins 7 mg/L pour les eaux douces alors que l'eau du lac Ahémé contient en moyenne 0,71 mg/L. Cette faible teneur en oxygène pourrait expliquer la rareté des poissons dans cet écosystème. C'est seulement à Guézin et durant le mois de juillet que la teneur est acceptable avec 8,16 mg/L. La norme recommande une conductivité de 400 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ pour les eaux douces tandis que par endroit, la conductivité de l'eau du lac Ahémé atteint 11700 $\mu\text{S}/\text{Cm}$. La teneur en nitrite du lac est de 3 mg/L alors que la norme est de 0,06 mg/L. Il ressort que l'eau du lac Ahémé est polluée.

Les résultats obtenus après étude de quelques paramètres physico-chimiques du lac Ahémé diffèrent de ceux trouvés par Dovonou F^[17] avec Conductivité : 1073 $\mu\text{S}/\text{Cm}$; oxygène dissous : 3,62 mg/L ; phosphate : 0,75 mg/L ; nitrite : 0,008 mg/L) sur le lac Nokoué et de ceux trouvés par Chouti W, Mama D et Alapini F^[18] (Oxygène dissous : 5,41 mg/L ; nitrate : 1,10 mg/L ; nitrite : 0,37 mg/L) sur la lagune de Porto-Novu au Sud-Est du pays.

Le résultat du dosage des métaux lourds contenus dans les sédiments prélevés dans le lac Ahémé se présente comme suit : 26 mg/Kg pour le plomb ; 170 mg/Kg pour le zinc et 29 mg/Kg pour l'arsenic. En comparaison avec les résultats obtenus dans le même pays, ils diffèrent de ceux trouvés par Agonkpahou E^[19] (Pb : 0,043 mg/Kg et 0,040 respectivement dans la rivière Okpara au Nord Bénin et dans le lac Nokoué au Sud-Bénin). Ils diffèrent également de ceux obtenus par Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F et Boukari M^[10] (Pb : 5,65 mg/Kg) dans la lagune de Porto-Novu.

En effet, par suite d'activités anthropiques, les produits chimiques libérés dans l'environnement peuvent pénétrer dans les écosystèmes aquatiques et s'intégrer dans les matières en suspension. Ces particules se déposent au fil du temps sur les matériaux de fond, où les contaminants peuvent s'accumuler. Les sédiments peuvent donc constituer, par le phénomène de relargage, une source endogène de pollution des cours d'eau.

Les polluants contenus dans les sédiments représentent un énorme danger pour les organismes aquatiques conformément aux études de Chouti W et Mama D, Alapini F^[10]. Leurs concentrations plus élevées en saison sèche est liée à la diminution du volume d'eau du lac pendant cette période sous l'effet de la chaleur. Les conséquences néfastes qu'engendrent les métaux sur l'écosystème aquatique ne sont plus à démontrer. En effet, les effets biologiques néfastes répertoriés pour ces différents métaux comprennent une diminution de l'abondance des invertébrés benthiques et de la fécondation, un accroissement de la mortalité, la létalité, des modifications comportementales, un développement anormal dans les premiers stades de la vie des organismes benthiques selon Environnement Canada^[20].

5. Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du lac Ahémé et de ceux du dosage des métaux lourds dans les sédiments du même lac sont comparés aux normes de qualité des eaux et aux résultats obtenus par d'autres auteurs sur des cours et plans d'eau béninois tels que la lagune de Porto-Novo et la rivière Okpara. Il ressort que le lac Ahémé est pollué par des substances chimiques qui proviennent des activités anthropiques (rejets de déchets managers, de déchets biomédicaux, lessivage, rejets des eaux usées domestiques) menées le long de ses berges. Ces pollutions contribuent à la destruction de l'écosystème, destruction qui se traduit essentiellement par la disparition ou la raréfaction de certaines espèces aquatiques. Des efforts doivent être consentis par les autorités des communes limitrophes au lac en vue d'une gestion intégrée de cet écosystème menacé par des substances chimiques.

Remerciement

Les auteurs remercient le Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique pour son appui financier dans la réalisation du présent travail de recherche.

Bibliographie

- [1] Evaluation des progrès du développement durable en Afrique depuis Rio, 2001
- [2] Lamizana-Diallo M, Kenfach S, Millogo-Rasolodimby J.. *Sud Sciences et Tehnologies*, (2008)16: 23-28.
- [3] Belhamra A. Contrôle de la salinité des eaux du lac Fetzara jusqu'à la mer. Mémoire de Magister, option : biologie des organismes marines. Université d'Annaba. 2001, 110p.
- [4] Gold C.,. Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphériques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire. Thèse de Doctorat. Université Bordeaux I, 2002, 175 pp.
- [5] Reyms-Keller A, E,Olson, M, Mc Gaw, C, Oray, O, Carlson and Beaty B.. *Ecotoxicol Environ. Saf.*, (1998) (39) 41-47.
- [6] Lansgtone W. J, G. R Burt And Pope N. D, *Estuarine,*

Coastal and Shelf Science, (1999) .48 519- 540.

- [7] Yao K, M. Soro, T. Albert, Y. Bokra, : *European Journal of Scientific Research*, 2009, Vol. 34 No.2 pp. 280-289.
- [8] Boucheseiche C, Cremille E, Pelte T, Pojer K., *Guide technique n°7, pollution toxique et écotoxicologie : notion de base.* Lyon, Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse, 2002, 83 pp.
- [9] Yacoub I., K Aka, B Dogui, Atoinette A, Jean B., *Journal of Applied Biosciences* (2009)18 : 1009 – 1018.
- [10] Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F, Boukari M., *Journal of Applied Biosciences* (2010) 34: 2186 – 21.
- [10] Chouti W, Mama D, Alapini F., *Int J. Biol. Chem. Sci.*, 2010a, 4(4) : 1017-1029.
- [11] Corvi, C.; Zimmerli P.; Orтели D.; Khim-Heang.; Becker V., *Métaux et micropolluants organiques dans les eaux, les moules et les poissons du Léman. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut*, (2005). 55-78.
- [12] Merceron. M., *Pollution diffuses : du bassin versant au littoral*, Ed Ifremer,1999, 350 p.
- [13] Le Pimpec. P., *Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatique. Pollution des milieux aquatiques*, , Edition Cemagref, 2002
- [14] Vissin E, Sintondji L, Houssou C. *Etude de la pollution des eaux et de la contamination du Tilapia guineensis du canal de Cotonou par le plomb.* RGLL, N°08 déc. 2010
- [15] Directive-cadre européenne, circulaire 2005/12 relative à la définition du bon état et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau et plan d'eau). Direction de l'eau, Ministère de l'écologie et du développement durable, République Française.
- [16] Dirilgen N.,. *Accumulation of heavy metals in freshwater organisms: Assessment of toxic volatile sulfide.* *Environmental Toxicology and chemistry*, (2001) 9: 1497-1502
- [17] Dovonou F.,. *Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques éco toxicologiques. Cas du lac Nokoué au sud Bénin.* Mémoire de DEA en Environnement, Santé et Développement. FLASH, UAC, 2008, 76 pages.
- [18] Chouti W, Mama D, Alapini F., *Journal of Applied Biosciences* (2011) 43 : 2882-2890. ISSN 1997-5902.
- [19] Agonkpahou E.: *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, 2006 , 87 P.
- [20] *Environnement Canada.. Canadian sediment quality guidelines for cadmium: Supporting document.* Service de la conservation de l'environnement, Direction générale de la science des écosystèmes, Direction de la qualité de l'environnement et de la politique scientifique, Division des recommandations et des normes, 1997 Ottawa.