



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Etude géochimique des sédiments superficiels d'une baie lagunaire et son impact sur l'environnement : Cas de la baie d'Abouabou (lagune Ebrié; Côte d'Ivoire)

Mamadou TOURE*, Alexis Yao N'GUESSAN et Ernest Konan KONAN

*Département de Géosciences Marines, UFR STRM,
Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire.*

**Auteur correspondant; E-mail : touremmd@yahoo.fr; Tel: +225 07550855*

RESUME

La baie d'Abouabou, à l'image de toute la lagune Ebrié, est victime des actions anthropiques de l'agglomération d'Abidjan. La présente étude vise à connaître la distribution et la répartition spatiale des métaux et des hydrocarbures dans les sédiments superficiels et leur conséquence sur l'environnement. Les échantillons de sédiments ont été prélevés à la surface du fond de la baie à l'aide d'une benne Van Veen et d'un cône Berthois et traités au laboratoire. Au laboratoire, on a d'abord procédé au séchage, broyage, tamisage et à la digestion des différents échantillons. On a ensuite fait le dosage des éléments traces métalliques et l'analyse chimique des hydrocarbures. Le dosage des métaux lourds s'est fait par spectrophotométrie d'absorption atomique (AAS) et celui du mercure par spectrophotométrie d'absorption atomique en vapeur froide (CVAA). L'analyse des hydrocarbures s'est faite par spectrofluorimétrie à l'aide d'un spectrofluorimètre. Enfin, la qualité environnementale des sédiments a été déterminée en comparant les concentrations des métaux à deux critères établis selon les valeurs guides (Sediment Quality Guide) qui sont le TEC et le PEC. Les principaux métaux rencontrés dans la baie sont le Cd, le Zn, le Fe, le Cu, le Mn et le Hg. On a aussi la présence d'hydrocarbures. L'écart entre les maxima et les minima des différents teneurs indique une grande disparité dans la répartition des éléments dans les sédiments de la baie. Les teneurs moyennes des différents métaux sont supérieures à l'UCC dans l'ensemble et le taux de pollution varie d'un site à l'autre. De façon générale, les sédiments ne présentent pas d'effets néfastes sur les organismes fouisseurs. Cependant, pour le Hg, les sédiments ont des effets néfastes possibles. Le Zn, le Fe, le Cu, et le Mn sont bien corrélés tandis que le Cd et les hydrocarbures n'ont aucune relation avec les autres. Cela laisse supposer une source de contamination différente pour ces derniers.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : métaux lourds, hydrocarbures, qualité environnementale, baie d'Abouabou.

Geochemical study of the superficial sediments of a lagoon bay and its impact on the environment: Case of Abouabou Bay (Ebrié Lagoon; Côte d'Ivoire)

ABSTRACT

Abouabou bay, like the entire Ebrié lagoon, is a victim of human actions in the conurbation of Abidjan. The present study aims at knowing the distribution and the spatial distribution of the metals and the hydrocarbons in the superficial sediments and their consequence on the environment. The sediment samples were taken from the bottom of the bay using a Van Veen grab and a Berthois cone and treated in the laboratory.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.35>

5093-IJBSC

In the laboratory, the drying, grinding, sieving and digestion of the different samples were first carried out. Metallic trace elements and chemical analysis of hydrocarbons were then measured. The determination of heavy metals was done by atomic absorption spectrophotometry (AAS) and that of mercury by cold vapor atomic absorption spectrophotometry (CVAA). The analysis of the hydrocarbons was done by spectrofluorimetry using a spectrofluorimeter. Finally, the environmental quality of the sediments was determined by comparing the concentrations of metals with two criteria established according to the guide values (Sediment Quality Guide) which are the TEC and the PEC. The main metals encountered in the bay are Cd, Zn, Fe, Cu, Mn and Hg. There is also the presence of hydrocarbons. The difference between the maxima and the minima of the different grades indicates a great disparity in the distribution of the elements in the sediments of the bay. The average grades of the different metals are higher than the UCC overall and the rate of pollution varies from site to site. In general, sediments do not have any harmful effects on burrowing organisms. However, for Hg, sediments have possible deleterious effects. Zn, Fe, Cu, and Mn are well correlated while Cd and hydrocarbons bear no relation to the others. This suggests a different source of contamination for the last ones.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: heavy metals, hydrocarbons, environmental quality, Abouabou bay

INTRODUCTION

La lagune Ebrié, la plus grande de l'Afrique de l'Ouest (Affian, 2003 ; Mondé, 2004) subie le poids de l'agglomération d'Abidjan. Les conséquences sur ce milieu lagunaire sont multiples, notamment la pollution par les eaux usées industrielles et ménagères. Les différents polluants vont s'accumuler dans les sédiments et perturber l'écosystème. La baie d'Abouabou (Figure 1), située sur la rive Sud de la lagune Ebrié, à l'Est d'Abidjan, n'échappe pas à cette pollution. Vue la proximité des populations riveraines (village d'Abouabou) qui pratiquent la pêche, il est donc nécessaire de connaître le degré de contamination des sédiments de cette baie afin d'adopter des mesures préventives et de protection.

Plusieurs travaux de recherche (Soro et al., 2009 ; Mondé et al., 2011 ; Coulibaly et al., 2011 ; Coulibaly et al., 2014a ; N'guessan et al., 2015 ; Kouamé et al., 2016 ; Wognin et al., 2017) ont été réalisés sur la détermination des différents contaminants de la lagune Ebrié. La présente étude vise à connaître l'état de pollution de la baie, la distribution et la répartition spatiale des métaux et des hydrocarbures dans les sédiments superficiels et leur conséquence sur l'environnement.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Les échantillons de sédiments ont été prélevés à la surface du fond de la baie à

l'aide d'une benne à sédiment de type van veen et d'un cône Berthois. Les points de prélèvements sont localisés par un récepteur GPS et répartis sur l'ensemble de la baie (Figure 2). Deux types de sédiments ont été prélevés, certains pour les éléments traces métalliques et d'autres pour les hydrocarbures. Pour éviter toute contamination, les échantillons ont été conditionnés dans des sachets plastiques ou du papier aluminium en fonction du type de dosage à effectuer.

Traitement des échantillons

Au laboratoire, on a procédé au séchage, broyage, tamisage et à la digestion des différents échantillons. En effet, les échantillons ont été mis à l'étuve jusqu'à séchage complet. On les a broyés ensuite dans un mortier en agate afin de libérer les métaux adsorbés par les grains. A la suite du broyage, on a procédé au tamisage du broyat. C'est sur la fraction inférieure à 63 µm que sera réalisé le dosage des métaux selon la méthode d'Audry et al. (2004). La fraction recueillie a été digérée dans un flacon en téflon contenant 1 ml d'eau régale (250 µl de HNO₃ 65% "suprapur" + 750 µl de HCl 30% "suprapur") et 2 ml d'acide fluorhydrique (HF) 45% "suprapur". On a préparé dans les mêmes conditions un blanc de réactif et un contrôle. Le tout a été placé au bain-marie à 90 °C pendant 3 h. Les échantillons, digérés et

refroidis, ont été transvasés dans des tubes en polypropylène contenant 2,7 g d'acide borique et 70 ml d'eau distillée. Le mélange a été laissé au repos pour décantation.

Pour le mercure, les réactifs utilisés étaient le HNO₃, le H₂SO₄ et le K₂Cr₂O₇ à la place de l'eau régale et de l'HF.

Dosage des éléments traces métalliques

Le dosage des métaux lourds (Zn, Fe, Cu, Cd, Mn) s'est fait par spectrophotométrie d'absorption atomique (AAS) et celui du mercure (Hg) par spectrophotométrie d'absorption atomique en vapeur froide (CVAAS).

En spectrophotométrie, la loi Beer-Lambert a permis de donner la concentration de l'élément dosé

$$A = \log(I_0/I) = K.l.C$$

selon la
formule:

Avec : A = absorbance ; I₀ = intensité de lumière incidente ; I = intensité de lumière transmise ; K = coefficient d'absorption molaire (l.mol⁻¹.cm⁻¹) ; l = parcours optique (cm) ; C = concentration molaire de la solution (mol.l⁻¹).

Pour la détermination du mercure, on a associé au spectrophotomètre d'absorption atomique un générateur d'hydrure. La concentration en mercure dans le sédiment sec a été donnée par la formule suivante :

$$c_s = \frac{(c_m - c_b) \times v}{m}$$

Avec : c_s = concentration dans le sédiment sec (µg/g) ; c_m = concentration dans le minéralisât (µg/l) ; c_b = concentration dans le blanc minéralisé (µg/l) ; v = volume final du minéralisât (ml) ; m = masse de sédiment digéré (g).

Analyse chimique des hydrocarbures

Après séchage, un agitateur automatique a été utilisé pour extraire les composés d'hydrocarbures à l'aide d'un solvant organique (dichlorométhane). L'extrait a été purifié dans une colonne chromatographique afin d'isoler les

hydrocarbures aromatiques des autres hydrocarbures. L'analyse des hydrocarbures s'est faite par spectrofluorimétrie à l'aide d'un spectrofluorimètre (modèle RF-5000 SHIMADZU). Elle a été précédée par un blanc analytique avec le solvant d'extraction et la construction d'une courbe d'étalonnage avec un échantillon de référence. La concentration réelle d'hydrocarbures a été déduite de la formule suivante :

$$c = \frac{c_0 \times v_1 \times v_3}{m \times v_2}$$

Avec : c = concentration en hydrocarbures de l'échantillon dosé (µg/g) ; C₀ = concentration donnée par la courbe d'étalonnage (µg/g) ; v₁ = volume extrait de la phase organique (ml) ; v₂ = volume extrait soumis à la purification ; v₃ = volume recueilli après purification (ml) ; m = masse sec de l'échantillon (g).

Qualité environnementale des sédiments

Les concentrations des métaux ont été comparées à deux critères établis selon les valeurs guides (Sediment Quality Guide) proposés par MacDonald et al. (2000). Il s'agit du TEC et du PEC. Le TEC (threshold effect concentration) est la concentration en dessous de laquelle il n'y a pas d'effet néfaste pour les organismes fouisseurs. Le PEC (probable effect concentration) est la concentration au-dessus de laquelle des effets néfastes sont observés sur les organismes vivants dans le sédiment. Ces critères, comparés aux analyses chimiques de sédiments pour lesquels des tests écotoxicologiques ont été menés, indiquent que lorsque la teneur mesurée est inférieure au TEC, le sédiment est considéré comme non toxique. Lorsque la teneur mesurée est supérieure au PEC, le sédiment est prévu comme toxique. Le Tableau 1 présente les valeurs de TEC et PEC de huit métaux traces.

Analyses statistiques

L'analyse des relations entre les différents paramètres a été faite à partir d'une matrice de corrélation. En effet, le coefficient de corrélation détermine la relation entre deux variables et mesure l'intensité de ce lien. Il

varie entre -1 et +1. Quand il est égal à 1, on a un lien parfait entre les variables. Cependant, lorsqu'il est égal à 0, on a une absence de lien. En outre, le signe (+) signifie que la relation est proportionnelle alors que le signe (-) signifie que la relation est inversement proportionnelle. Le calcul du coefficient de

corrélation donne une idée sur les éventuelles relations entre métaux (origine commune, distribution homogène, comportement identique vis-à-vis des processus physicochimiques, fractionnement similaire, influence de l'un sur l'autre).



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.



Figure 2 : Situation des sites de prélèvements.

Tableau 1 : Valeurs de TEC et PEC en mg/kg (Mac Donald et al., 2000).

Substances	TEC	PEC
As	9,79	33
Cd	0,99	4,98
Cr	43,4	111
Cu	31,9	149
Hg	0,18	1,06
Ni	22,7	48,6
Pb	35,8	128
Zn	121	459

RESULTATS

Teneur en métaux lourds

Les concentrations des métaux lourds dans le sédiment sont indiquées dans le Tableau 2. L'analyse des données montre que le cadmium a été quasi absent dans tous les sédiments sauf ceux du site 5 (S₅) avec une concentration de 5,57 mg/kg. L'ordre d'abondance des métaux sur les différents sites en fonction des moyennes s'établit comme suit : Cd<Hg<Cu<Fe<Zn<Mn. L'écart entre les maxima et minima indique une grande disparité dans la répartition des éléments dans les sédiments de la baie. Outre le Cd et le Mn, la moyenne calculée pour les différents métaux a été proche de la moitié de chaque maximum. Pour le Mn, un écart très important entre le minimum, le maximum et la moyenne a été noté. Cela dénote une variation de la concentration de ce métal sur les différents sites. Le site S₆ a été le plus pollué en Mn avec une concentration de 1284,03 mg/kg.

Lorsqu'on compare les teneurs des métaux aux valeurs métalliques crustales (UCC), on note que, pour le Cd, seul le site 5 (S₅) a présenté une teneur supérieure à l'UCC (5,57 > 0,1 mg/kg). Cela indique un enrichissement en Cd sur ce site. Concernant le Zn, le Cu, le Mn et le Hg, les teneurs

moyennes ont été toutes supérieures à l'UCC. Cependant, le taux de pollution varie d'un site à l'autre. Pour le Fe, l'ensemble des teneurs sur tous les sites reste largement inférieur à l'UCC. Il n'y a donc pas d'apport en Fe dans la baie.

Qualité environnementale

Les teneurs de Cd, Zn, Cu et Hg dans les sédiments ont été comparées aux critères de qualités TEC et PEC (Figure 3). Pour le Cd, seul le site S₅ a présenté une teneur supérieure au PEC. Les sédiments de ce site peuvent être considérés comme toxique. On peut avoir un effet néfaste de cet élément trace sur les organismes fousseurs. Concernant le Zn, les sédiments de la baie ont été dans l'ensemble de bonne qualité. Les teneurs enregistrées ont été toutes inférieures au TEC. Pour le Cu, certains sites (S₁, S₈, S₉, S₁₀ et S₁₂) ont présenté des sédiments de bonne qualité. D'autres, par contre, ont une teneur légèrement supérieure au TEC. On ne peut les considérer comme toxique puisque la teneur reste inférieure au PEC. Quant aux teneurs d'Hg, elles ont été toutes comprises entre le TEC et le PEC. Les sédiments ne sont pas toxiques pour le Hg mais présentent des effets néfastes possibles.

Teneur en hydrocarbures

Les concentrations en hydrocarbures ont été comprises entre 1,7 µg/g et 15,9 µg/g (Figure 4). Elles ont été plus élevées à l'entrée de la baie (S₁), au centre (S₆; S₇) et à l'extrémité Est de la baie (S₁₂). Les concentrations les plus élevées ont été rencontrées à l'entrée de la baie. La plus faible concentration a été retrouvée au centre de la baie (site S₈) et la rive Sud à l'Est de la baie (site S₁₀).

Matrice de corrélation

Les résultats obtenus par l'analyse statistique (Tableau 3) montrent qu'il existe une corrélation entre le zinc, le fer, le cuivre et le manganèse. La relation entre ces métaux serait due à une association privilégiée entre l'hydroxyde de fer et les autres métaux, particulièrement en milieu réducteur. En outre, le mercure, qui a une relation avec le zinc, n'est nullement lié aux autres métaux. Quant au cadmium et aux hydrocarbures, ils n'ont aucune corrélation avec les autres. On peut supposer que ces derniers proviendraient d'une source de contamination différente de celle des autres métaux.

DISCUSSION

Cette étude a révélé que les sédiments de la baie d'Abouabou renferment des éléments traces métalliques (ETM). En effet, selon Coulibaly et al. (2013), les baies sont les réceptacles des effluents urbains, industriels et des eaux de ruissellement de la ville. Ce qui justifie la présence des différents métaux dans la baie d'Abouabou.

Pour évaluer le niveau de contamination de la baie, les valeurs moyennes des ETM obtenues dans cette étude ont été comparées aux valeurs d'autres secteurs de la lagune Ebrié ainsi que la lagune de Porto-Novo au Bénin (Tableau 4). On note que la teneur en Cd dans la baie d'Abouabou est supérieure à celle de la rade portuaire et inférieure aux valeurs de la baie de Biétry et la lagune de Porto-Novo. Il faut remarquer que les teneurs en Cd dans les différents secteurs de la lagune Ebrié restent inférieures au TEC.

Ce qui signifie que cet ETM ne constitue pas de danger pour les organismes fousseurs. Par contre la valeur obtenue dans la lagune de Porto-Novo (Chouti et al., 2010) sont largement supérieures au PEC. Cela indique que cette lagune est fortement polluée par rapport à la lagune Ebrié.

Relativement au Zn, on constate que les teneurs observées dans la baie d'Abouabou sont largement inférieures à celles de la baie de Biétry, de la rade portuaire et de l'estuaire du Banco (Tableau 4). Pour ces trois derniers secteurs, les teneurs sont comprises entre le TEC et le PEC donc possibilité d'effets néfastes pour les organismes vivants. Aussi, ces secteurs sont plus contaminés en Zn que la baie d'Abouabou.

Les teneurs en Fe ont seulement pu être comparées à celles de la lagune de Porto-Novo. Les valeurs de la baie d'Abouabou sont largement inférieures à celles de la lagune de Porto-Novo. Ce qui indique une forte pollution de cette dernière. Il en est de même pour le Hg.

Concernant le Cu, on note que les teneurs dans la baie de Biétry et la rade portuaire sont supérieures à celles de la baie d'Abouabou contrairement à l'estuaire du Banco. De plus, les teneurs à la rade portuaire sont supérieures au TEC.

Les teneurs en Mn ont été comparées à celles de l'estuaire du Banco et de la lagune de Porto-Novo. On constate que la Baie d'Abouabou est fortement polluée en Mn par rapport aux autres secteurs.

La matrice de corrélation a montré qu'il n'y a aucune corrélation entre le cadmium et les autres métaux. Cela est confirmé par Kouamé et al. (2016) dans leurs travaux sur les baies lagunaires d'Abidjan. Il en est de même pour le mercure qui, selon Chouti et al. (2010), n'est lié à aucun des autres métaux. Mais dans ce travail, il y a une corrélation entre le mercure et le zinc. Pour Soro et al. (2009) on a une bonne corrélation entre le cuivre et le zinc, comme c'est le cas ici. Cette corrélation est aussi bonne entre le fer et le manganèse en référence aux travaux de Chouti et al. (2010).

Tableau 2 : Teneurs métalliques (mg/kg) des sédiments de la baie.

	Cd	Zn	Fe	Cu	Mn	Hg
S₁	< 0,002	24,76	11,59	10,00	235,40	0,41
S₂	< 0,002	106,86	54,52	38,42	325,39	0,95
S₃	< 0,002	73,68	69,19	42,16	147,78	0,35
S₄	< 0,002	78,30	43,26	29,06	206,29	0,51
S₅	5,57	84,38	53,01	38,55	889,81	0,50
S₆	< 0,002	71,61	48,31	36,26	1284,03	0,24
S₇	< 0,002	100,55	48,41	32,64	714,78	0,65
S₈	< 0,002	48,88	23,52	14,27	239,74	0,80
S₉	< 0,002	10,30	2,17	7,00	55,42	0,24
S₁₀	< 0,002	12,87	5,14	8,62	33,88	0,33
S₁₁	< 0,002	96,71	48,77	36,29	506,55	0,54
S₁₂	< 0,002	14,88	6,05	8,25	63,41	0,49
Min	0	10,3	2,17	7	33,88	0,24
Max	5,57	106,86	69,19	42,16	1284,03	0,95
Moy	0,46	60,32	34,50	25,13	391,87	0,50
Ecartype	1,61	36,35	23,31	14,14	388,07	0,22
UCC	0,10	52	504	14	30890	0,06

UCC : Upper Continental Crust.

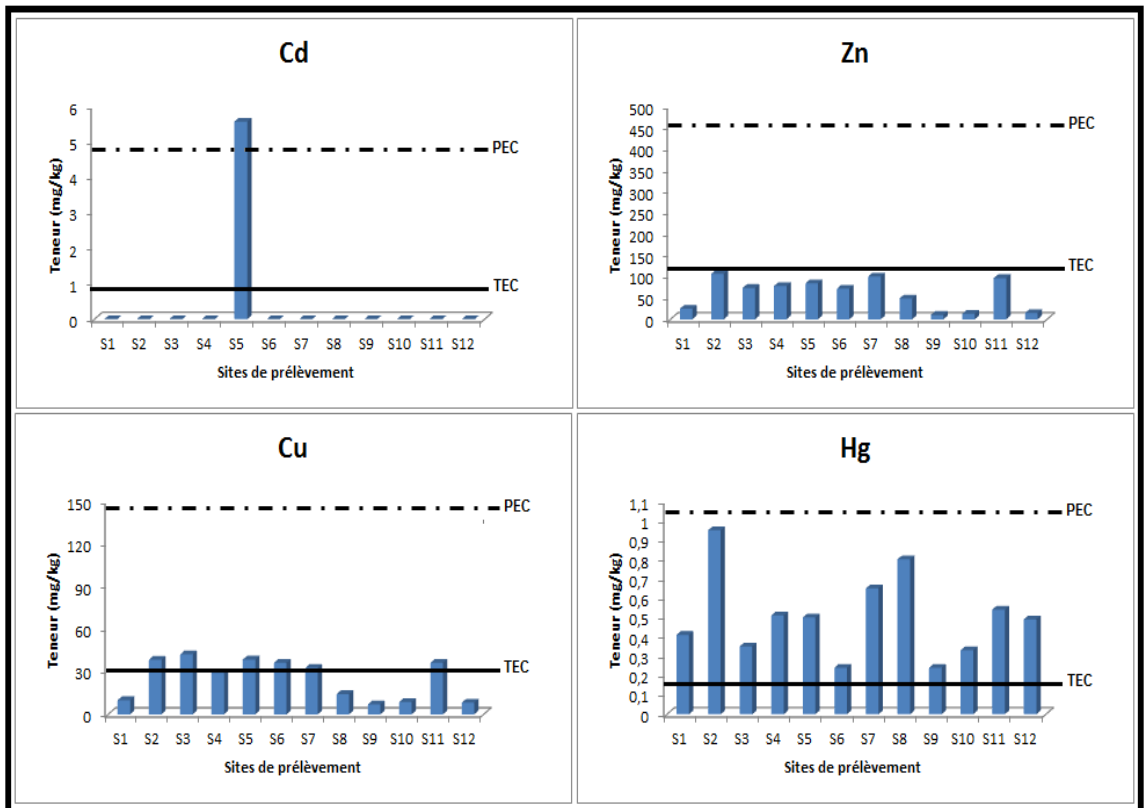


Figure 3: Teneurs des sédiments en Cd, Zn, Cu et Hg par rapport aux TEC et PEC.

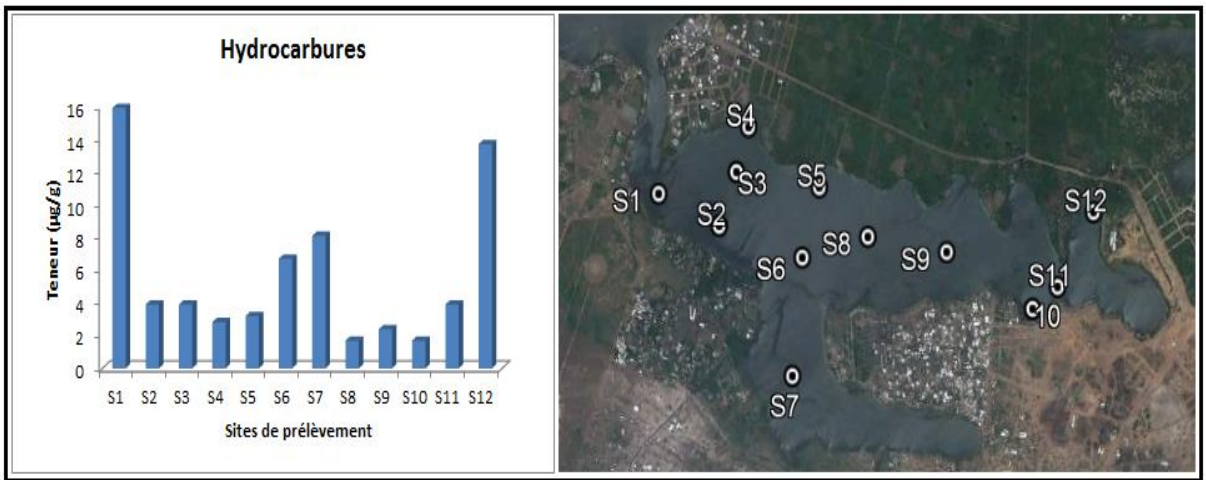


Figure 4 : Evolution des concentrations en hydrocarbures.

Tableau 3: Matrice de corrélations entre les métaux des sédiments.

	Zn	Fe	Cu	Cd	Mn	Hg	C _x H _y
Zn	1	0,91	0,92	0,21	0,55	0,52	-0,27
Fe		1	0,99	0,25	0,53	0,28	-0,28
Cu			1	0,30	0,60	0,24	-0,29
Cd				1	0,40	-0,01	-0,17
Mn					1	-0,06	0,01
Hg						1	-0,11
C _x H _y							1

Tableau 4 : Comparaison des teneurs métalliques aux travaux antérieurs.

Sites	Teneur en métaux (mg/kg)						Référence
	Cd	Zn	Fe	Cu	Mn	Hg	
Baie d'Abouabou	0.46	60,32	34,5	25,13	391,87	0,22	Présente étude
Baie de Biétry	0,50	137,33	-	25,72	-	-	Coulibaly et al. (2014a)
Rade portuaire d'Abidjan	0,32	180	-	53,30	-	-	Coulibaly et al. (2014b)
Estuaire du Banco	-	190,38	-	22.39	47,60	-	N'guessan et al. (2015)
Lagune de Porto-Novo (Bénin)	6,16	-	420	-	97.66	1,77	Chouti et al. (2010)

Conclusion

Les sédiments de la baie d'Abouabou ont été analysés afin de déterminer les teneurs en métaux lourds et en hydrocarbures. Les résultats obtenus ont permis d'évaluer la qualité environnementale des sédiments et de déduire les différentes corrélations entre les métaux à partir de matrice de corrélations. On note que les principaux métaux rencontrés sont le cadmium, le zinc, le fer, le cuivre, le manganèse et le mercure. Il faut signaler aussi la présence d'hydrocarbures. L'écart entre les maxima et les minima des différentes teneurs indique une grande disparité dans la répartition des éléments dans les sédiments de la baie. D'une façon générale, les teneurs moyennes des différents métaux sont supérieures à l'UCC. Cependant, le taux de pollution varie d'un site à l'autre. En outre, l'apport en fer dans la baie est négligeable. Les sédiments de la baie sont dans l'ensemble, de bonne qualité. Ils ne présentent pas d'effets néfastes sur les organismes fouisseurs. Cependant, pour le mercure, les sédiments ont des effets néfastes possibles.

Le zinc, le fer, le cuivre et le manganèse sont bien corrélés tandis que le cadmium et les hydrocarbures n'ont aucune relation avec les autres. Cela laisse supposer une source de contamination différente pour ces derniers.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts sur cet article.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Les trois auteurs de cet article ont contribué aux différents travaux et à la rédaction du manuscrit.

REFERENCES

Affian K. 2003. Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (Lagune Ebrié en Côte d'Ivoire), par des études géochimiques et hydrologiques, bathymétriques et hydrologiques : Contribution du S.I.G. et de la télédétection, Thèse Doctorat, Université Cocody, 225 p.

Audry S, Schäfer J, Blanc G, Bossy C, Lavaux G. 2004. Anthropogenic components on heavy metal (Cd, Zn, Cu, and Pb) budgets in the Lot-Garonne fluvial system (France). *Appl. Geochem.*, **19**: 769-786. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2003.10.002>

Chouti W, Mama D, Changotade O, Alapini F, Boukari M. 2010. Étude des éléments traces métalliques contenus dans les sédiments de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin), *Journal of Applied Biosciences*, **34**: 2186-2197. m.elewa.org/JABS/2010/34/7.pdf

Coulibaly AS, Mondé S, N'guessan AY, Aka K. 2011. Spéciation chimique des éléments traces métalliques dans un environnement lagunaire confiné : la baie de Biétry. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(6): 2543-2556. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i6.33>

Coulibaly AS, Wango TE, N'guessan YA, Mondé S, Aka K, Gérard B. 2013. Evaluation de la biodisponibilité des ETM dans les sédiments de la baie de Cocody (Lagune Ebrié ; Côte d'Ivoire). *BIOTERRE, Rev. Inter. Sci. de la Vie et de la Terre*, Editions Universitaires de Côte d'Ivoire, **13** : 59-65.

Coulibaly AS, Amani EM, Akobé AC, Monde S, Aka K, Gérard B. 2014a. Caractérisation des Indices de Pollution (Igeo, Pli, Tec et Pec) d'un Environnement Estuarien à Forte Pression Anthropique : la Baie de Biétry (Côte d'Ivoire, Golf de Guinée). *International Journal of Advanced Information Science and Technology*, **3**(12): 135-139.

Coulibaly AS, Touré M, Diangoné E, Sylvain M, Aka K, Gérard B. 2014b. Impacts des rejets accidentels sur la qualité environnementale des sédiments de la rade portuaire d'Abidjan (lagune Ebrié ; Côte d'Ivoire), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **8**(6): 2842-2848. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.40>

- Kouamé KD, Yapo OB, Méité L. 2016. Contamination des sédiments d'une lagune tropicale urbaine par les éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Pb, Zn) : Cas des baies lagunaires de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Pure App. Biosci.*, **4**(6): 204-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2428>
- Macdonald DD, Ingersoll CG, Berger TA. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems, *Arch. Environ. Con. Tox.*, **39** : 20-31. DOI : 10.1007/s002440010075
- Mondé S. 2004. Etude et modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), Thèse Doctorat d'État, Université Cocody, 325 p.
- Monde S, Coulibaly A, Wango T, Aka K. 2011. Simulations prédictives de la qualité des eaux lors des rejets anthropiques dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *International Journal of African Studies*, **4**: 28-40.
- N'guessan YA, Touré M, Konan KE, Sehe P, Digbehi ZB, Affian K, Aka K. 2015. Analyse chimique et distribution spatiale des métaux lourds et polluants organiques dans l'estuaire du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, **11**(6): 170-182. <http://www.afriquescience.info/document.php?id=5560>
- Soro G., Metongo S. E., Soro N., Ahoussi K. E., Kouame K. F., Zade S. G. P, Soro T. 2009. Métaux lourds (Cu, Cr, Mn et Zn) dans les sédiments de surface d'une lagune tropicale africaine : cas de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(6): 1408-1427. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v3i6.53161>
- Wognin AV, N'guessan YM, Assalé FJP, Aka AM, Ccoulibaly AS, Mondé S, Aka K. 2017. Les éléments traces métalliques dans la lagune Ebrié : distribution saisonnière, niveau de contamination et qualité environnementale des sédiments. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2): 911-923. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.30>