

## PROFILS GÉOCHIMIQUES DES MÉTAUX LOURDS (PB, CD, CU ET ZN) DES CAROTTES SÉDIMENTAIRES DE LA BAIE D'ABOUABOU, LAGUNE EBRIÉ

Kacou Stéphane Fabrice EKPONON\*, Trazié Jean-Gaël IRIE BI,  
N'Goran Jean Paul YAO et Kouadio AFFIAN

*Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des  
Ressources Minières (STRM), Laboratoire de Géologie Marine et de  
Sédimentologie Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

(reçu le 23 Avril 2024; accepté le 02 Juin 2024)

\* Correspondance, e-mail : [ekponon\\_k@yahoo.com](mailto:ekponon_k@yahoo.com)

### RÉSUMÉ

La baie d'Abouabou est un bras de la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire qui subit une pression anthropique de plus en plus importante du fait de l'urbanisation de ses berges. Cette étude a pour objectif d'évaluer le degré de contamination en éléments traces métalliques (ETM) de ces sédiments. L'acquisition des sédiments a été opérée à l'aide d'un carottier manuel. L'analyse a porté respectivement sur les sédiments à des profondeurs de 0 à 10 cm, 10 à 20 cm et 20 à 30 cm afin de déterminer l'historique de la contamination. Les échantillons obtenus ont été séchés, broyé, tamisé. L'analyse des métaux (Pb, Cd, Cu, Zn) s'est faite par spectrophotométrie d'absorption atomique (AAS). Le niveau d'enrichissement et de pollution des sédiments a été déterminé par le facteur d'enrichissement et l'indice de geo-accumulation. La toxicité potentielle des sédiments a été évaluée grâce aux valeurs guides sédimentaires ERL (Effect Range Low) et ERM (Effect Range-Medium). Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence la forte contamination des sédiments par les ETM selon l'ordre suivant des teneurs (en mg/kg) : Cu (984) > Zn(633) > Pb (1,13) > Cd (0,2). Concernant l'enrichissement en métaux, les profils géochimiques montrent que les sédiments de la partie superficielle sont enrichis en Cd, Cu et Zn. Ce qui traduit un apport récent des métaux dans la baie d'Abouabou. L'appartenance à la classe 0-6 prouve que les sédiments présentent un risque de toxicité pour les organismes aquatiques. Les échantillons peuvent causer des effets indésirables pour le Pb, Cd et Zn.

**Mots-clés :** *profils géochimiques, sédiments, métaux lourds, baie d'Abouabou, lagune Ebrié.*

## ABSTRACT

### **Geochemical profiles of heavy metals (Pb, Cd, Cu and Zn) from sediment cores from Abouabou Bay, Ebrié lagoon**

Abouabou Bay is an arm of the Ebrié lagoon in Côte d'Ivoire that is under increasing anthropogenic pressure due to the urbanization of its shores. The objective of this study is to assess the degree of TME contamination of these sediments. Sediment acquisition was carried out using a manual core barrel. Sediments were analysed at depths of 0 to 10 cm, 10 to 20 cm and 20 to 30 cm, respectively, to determine the history of contamination. The samples obtained were dried, crushed and sieved. The analysis of metals (Pb, Cd, Cu, Zn) was done by atomic absorption spectrophotometry (AAS). The level of sediment enrichment and pollution was determined by the enrichment factor and the geoaccumulation index. The potential toxicity of sediments was assessed using the ERL (Effect Range Low) and ERM (Effect Range-Medium) sediment guide values. The results obtained highlighted the high contamination of sediments by TMEs in the following order of content (in mg/kg) : Cu (984) > Zn(633) > Pb (1.13) > Cd (0.2). Regarding metal enrichment, geochemical profiles show that the sediments of the surface part are enriched in Cd, Cu and Zn. This reflects a recent contribution of metals to the bay of Abouabou. Class 0-6 evidence that sediments pose a risk of toxicity to aquatic organisms. The samples can cause adverse effects for Pb, Cd and Zn.

**Keywords :** *geochemical profiles, sediments, heavy metals, Abouabou Bay, Ebrié lagoon.*

## I - INTRODUCTION

La pollution par les métaux lourds dans les milieux aquatiques constitue depuis longtemps une problématique majeure. Le phénomène est d'autant plus préoccupant que ces substances sont continuellement introduites dans l'environnement [1]. L'étude des métaux lourds dans les sédiments contribue à la détermination et à la compréhension de leurs effets néfaste sur l'environnement. Ces dernières années, plusieurs études ont été menées dans la lagune Ebrié sur ce type de polluant [1 - 8]. La baie d'Abouabou (5°15'- 5°18'N et 3°52'- 3°56'W) qui constitue l'une des principales baies de la lagune Ebrié, est située sur sa rive Sud, à l'Est d'Abidjan [9]. Elle est utilisée pour la pêche, la navigation et pour la baignade. La baie d'Abouabou a également bénéficié de travaux de recherche sur le processus de dépôt de ses sédiments [10], sur l'impact des forçages naturel et anthropique sur la qualité de ses eaux [11] et sur l'état de concentration des métaux et leur corrélation avec la bathymétrie [2, 9]. Ces activités de recherche, qui y ont

été menées, n'ont pas permis de connaître l'évolution verticale des concentrations des métaux lourds dans les sédiments. Ainsi, les informations sur l'historique de la pollution des métaux lourds de la lagune Ébrié nécessitent d'être actualisées. C'est ce constat qui a suscité ce programme de recherche sur le comportement des métaux lourds de la lagune Ébrié. La présente étude a pour objectif de déterminer le comportement vertical des métaux lourds (Pb, Cd, Cu et Zn) dans les carottes sédimentaires de la baie d'Abouabou.

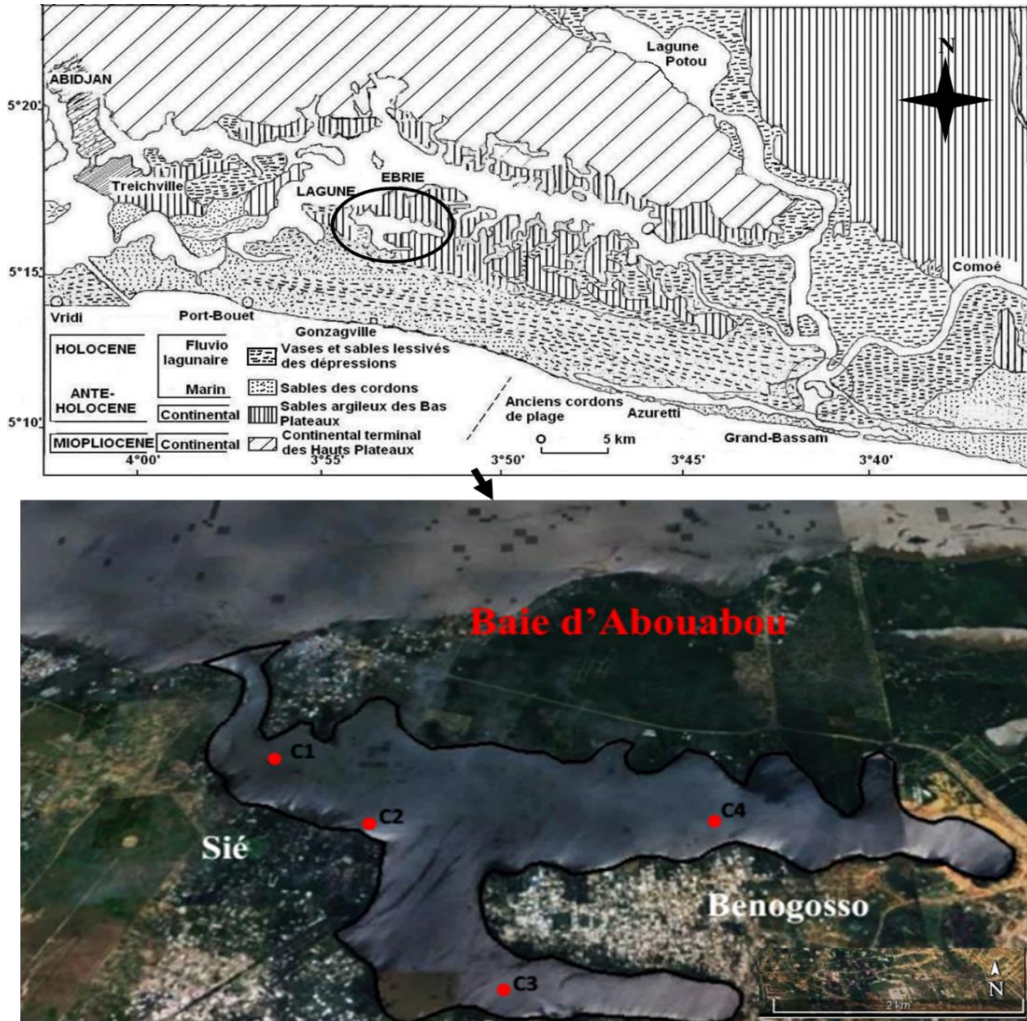
## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Présentation de la baie d'Abouabou

Le système lagunaire Ebrié, long de 125 km, est situé sur le littoral sud de la Côte d'Ivoire entre 3°40' et 4°50' de longitude Ouest et 5°20' de latitude Nord. Occupant une surface de 566 km<sup>2</sup>, il est constitué de la lagune Ebrié proprement dite et des lagunes Aghien et Potou de superficies respectives 523 km<sup>2</sup> et 43 km<sup>2</sup>. La baie d'Abouabou a une superficie de 3,9 km<sup>2</sup> victime des actions anthropiques de l'agglomération abidjanaise, a été sélectionnée pour être le site d'étude dans le cadre de ce travail. Elle a une profondeur maximale de 26 m [8, 10, 12]. Sa morpho-bathymétrie fait d'elle un réceptacle idéal pour les polluants.

### II-2. Échantillonnage

Les carottes ont été prélevées par carottage manuel à l'aide d'un carottier équipé d'une tige de 80 cm de long et de 4 cm de diamètre. Les carottes sédimentaires échantillonnées ont une longueur maximale de 45 cm. Les quatre stations (*Figure 1*) ont été positionnées de sorte à couvrir tous les affluents que soient temporaires ou permanents de la baie. Les coordonnées des stations d'échantillonnage ont été déterminées au moyen d'un GPS de type Garmin. Les échantillons de sédiments ont été transportés dans des sacs en plastique et conditionnés à la température de 4°C jusqu'au laboratoire. Chaque carotte a été découpée en tranches de 10 cm de long. Les sédiments ont été séchés et tamisés pour récupérer la fraction inférieure à 63 µm. Le principe de la méthode de digestion est basé sur la décomposition des sédiments par l'acide hydrofluorique (HF) en combinaison avec de l'eau régale (HNO<sub>3</sub> : HCl;1:3, v/v) à chaud. Le dosage des teneurs en quatre éléments traces métalliques dont le plomb (Pb), Cadmium (Cd), le Cuivre (Cu) et le Zinc (Zn) a été réalisé par Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) électrothermique à l'aide d'un Varian (model AA-20).



**Figure 1 :** Localisation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage

### II-3. Facteur d'enrichissement (FE)

Le facteur d'enrichissement (FE) renseigne sur l'augmentation de la concentration d'un élément chimique dans un sédiment par rapport à une référence [13].

$$FE = ([M]_{\text{éch}} / [Fe]_{\text{éch}}) \times ([Fe]_{\text{Fond géoch}} / [M]_{\text{Fond géoch}}) \quad (1)$$

Selon les valeurs du facteur d'enrichissement :  $FE < 2$  : enrichissement inexistant ou faible ;  $2 < FE < 5$  : enrichissement modéré ;  $5 < FE < 20$  : enrichissement significatif ;  $20 < FE < 40$  : enrichissement très fort et  $FE > 40$  : enrichissement extrême.

## II-4. Indice de géoaccumulation ( $I_{geo}$ )

L'indice de géoaccumulation présenté par [14] est un critère de détermination du niveau de la pollution métallique (*Tableau 1*).

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1,5 B_n) \quad (2)$$

**Tableau 1 : Classification de l' $I_{geo}$  [14]**

Classe	Valeur	Intensité de pollution
0	$I_{geo} \leq 0$	Pas de pollution
1	$0 < I_{geo} < 1$	De non pollué à modérément pollué
2	$1 < I_{geo} < 2$	Modérément pollué
3	$2 < I_{geo} < 3$	De modérément pollué à fortement pollué
4	$3 < I_{geo} < 4$	Fortement pollué
5	$4 < I_{geo} < 5$	De fortement pollué à extrêmement pollué
6	$I_{geo} > 5$	Extrêmement pollué

## II-5. Évaluation de la toxicité des sédiments

Pour évaluer l'état toxicologique des sédiments vis-à-vis des organismes vivant dans la baie pour chaque contaminant la série de critères de qualité des sédiments basés sur des données écotoxicologiques a été utilisé [15]. Cette ligne directrice définit trois niveaux de concentrations de contaminants dans les sédiments. Des concentrations inférieures à la valeur ERL indiquent que les sédiments peuvent entraîner rarement des effets indésirables aux organismes aquatiques ; celles comprises entre les valeurs ERL / ERM peuvent provoquer occasionnellement des effets néfastes ; des concentrations supérieures à la valeur ERM causent fréquemment des effets toxiques [16].

## III - RÉSULTATS

### III-1. Teneur des métaux lourds dans les carottes sédimentaires

Les concentrations des métaux lourds le long des carottes sont indiquées dans le *Tableau 2*.

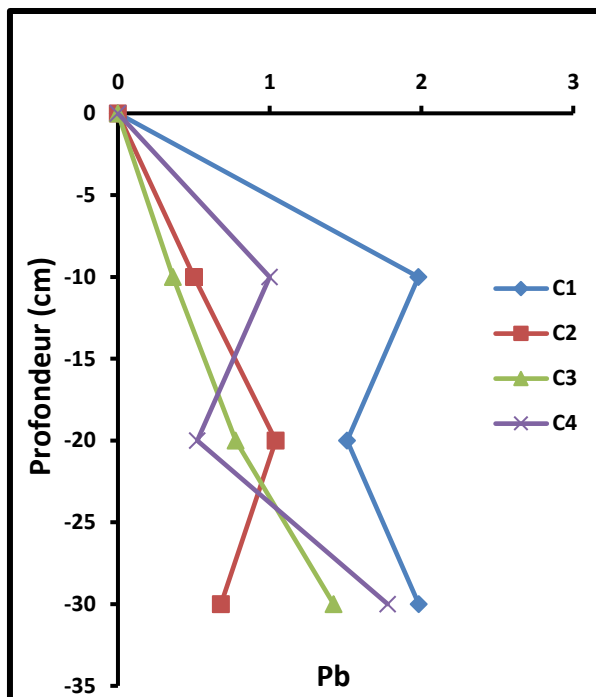
**Tableau 2** : Teneurs métalliques (mg/kg) dans les carottes sédimentaires de la baie

Carottes	Prof (cm)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
C1	20 - 30 cm	1,982	0,088	960,648	861,919
	10 - 20 cm	1,51	0,092	974,659	658,43
	0 - 10 cm	1,98	0,274	1131,933	504,757
C2	20 - 30 cm	0,678	0,096	1034,415	419,435
	10 - 20 cm	1,04	0,315	939,937	742,733
	0 - 10 cm	0,502	0,149	1062,378	770,349
C3	20 - 30 cm	1,421	0,068	990,497	742,733
	10 - 20 cm	0,777	0,841	915,57	802,326
	0 - 10 cm	0,363	0,143	784,157	709,567
C4	20 - 30 cm	1,777	0,432	1015,27	65,061
	10 - 20 cm	0,524	0,164	886,475	855,482
	0 - 10 cm	1	0,184	1113,316	473,422
Moy		1,129	0,237	984,105	633,851
Min		0,363	0,068	784,157	65,061
Max		1,982	0,841	1131,933	861,919

### III-2. Distribution verticale des métaux lourds

#### III-2-1. Plomb

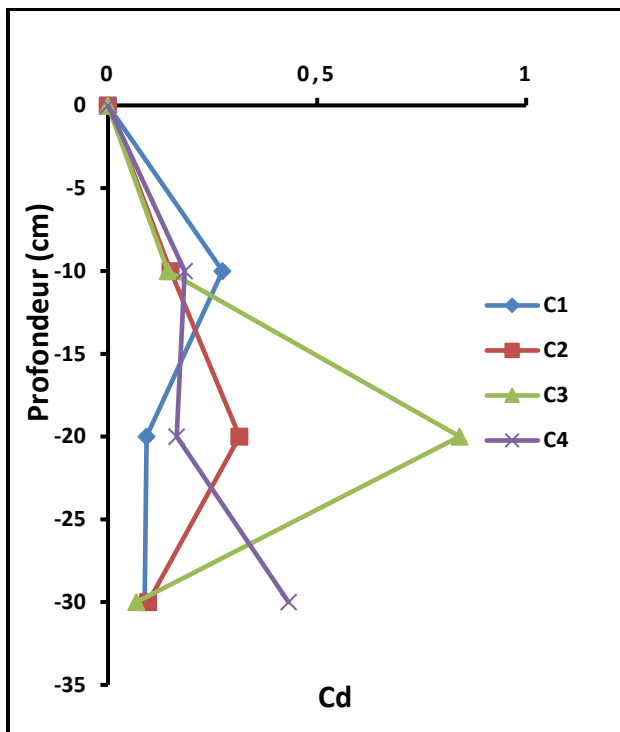
Les teneurs du Plomb (Pb) enregistrées dans les carottes (C1, C2, C3 et C4) se situent entre 0,363 mg/kg et 1,982 mg/kg (**Tableau 2**). La valeur moyenne du plomb (Pb) est de 1,129 mg/kg. La carotte C3 enregistre la teneur minimale (0,369 mg/kg) dans les 10 premiers centimètres. Par contre, la valeur maximale (1,982 mg/kg) a été prélevée en profondeur (20-30 cm) au sein de C1 à l'entrée de la baie. Les profils verticaux des teneurs en Pb dans les carottes C1 à C4 sont présentés à la **Figure 2**. Le profil vertical des teneurs en Pb de la carotte C3 suit un gradient décroissant de la base vers le sommet. Les carottes C1 et C4 présentent des allures similaires. La variation latérale se scinde en deux parties : les teneurs diminuent entre 30 et 20 cm de profondeur et atteignent les minimums respectifs 1,51 mg/kg et 0,5 mg/kg. Dans la partie inférieure 20-10 cm, on observe une augmentation des teneurs vers le sommet de C1 et C4. Le profil vertical de C2 présente dans la zone inférieure vers 30 cm de profondeur, des valeurs qui évoluent suivant un gradient croissant jusqu'à un maximum au niveau de la profondeur 20 cm. Entre 10-20 cm, les teneurs diminuent rapidement pour atteindre leur minimum à 20 cm de profondeur. Les teneurs diminuent légèrement de la base vers la partie sommitale des carottes obtenues montrant un gradient décroissant signe d'une pollution antérieure en Pb des sédiments.



**Figure 2 :** Distribution verticale des teneurs en Plomb (Pb) dans les carottes

### III-2-2. Cadmium

Les valeurs en Cadmium subissent des fluctuations irrégulières de la base vers le sommet des quatre carottes C1, C2, C3 et C4. Elles varient de 0,068 à 0,841 mg/kg, avec une moyenne de 0,237 mg/kg (**Tableau 2**). La concentration en Cd la plus levée est enregistré dans la carotte C3 (0,841 mg/kg) entre 10-20 cm de profondeur. La plus faible (0,068 mg/g) valeur est de concentration est observée dans la partie inférieure (20 - 30 cm) de la même carotte. Le profil vertical (**Figure 3**) des valeurs en Cd de la carotte C1 suit un gradient croissant de la base vers le sommet. Les carottes C2 et C3 présentent une augmentation des teneurs en Cd à la base (20 - 30 cm) avec un pic significatif entre 10-20 cm de profondeur respective (0,841 mg/kg) puis diminue jusqu'à dans la partie superficielle.

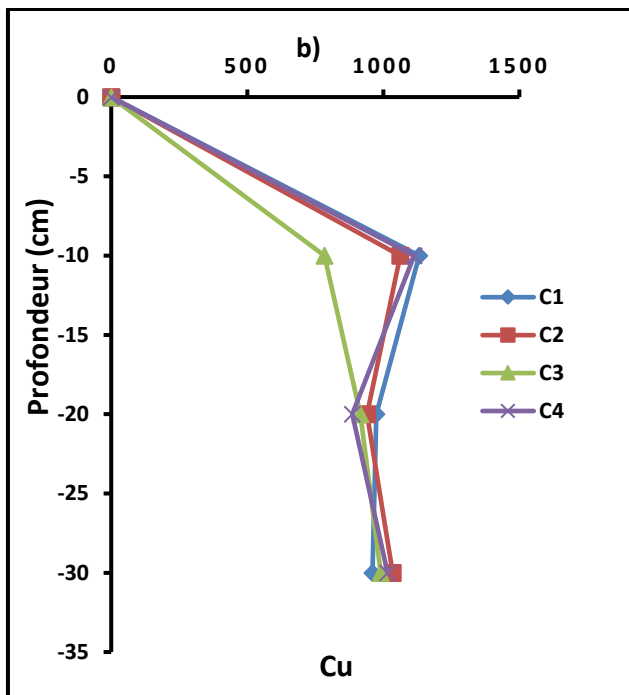


**Figure 3 :** Distribution verticale des teneurs en Cadmium (Cd) dans les carottes

### III-2-3. Cuivre

La teneur moyenne du cuivre est de 984,105 mg/kg, la carotte C3 présente la faible valeur (784,157 mg/kg) enregistrée dans les sédiments de couche superficielle. La plus forte concentration est notée au niveau de C4 (1131,93 mg/kg) en surface (**Tableau 2**). Les variations verticales des teneurs du Cu subissent des fluctuations irrégulières de la base vers le sommet (**Figure 4**). Dans la carotte C1, les teneurs évoluent suivant un gradient croissant (du fond vers la surface). Cependant, les teneurs diminuent progressivement jusqu'à atteindre le minimum (784,157 mg/kg) dans la partie sommitale de la carotte C3. Au sein de C2 et C4 les profils sont pareils. Les teneurs en Cu sont faibles entre 10-20 cm dans les carottes C2 (939,937 mg/kg) et C4 (886,475 mg/kg). Elles sont importantes entre 0 - 10 cm (1131,93 mg/kg). L'ordre de grandeur des concentrations : surface > moyen > fond ; témoin d'une existence d'une pollution récente.

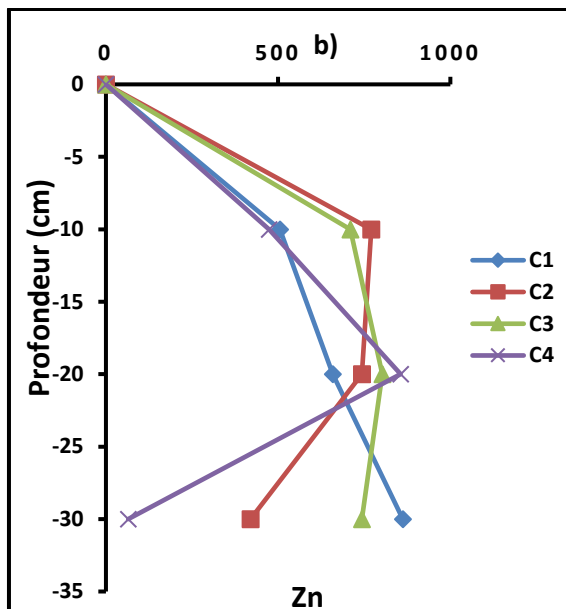




**Figure 4 :** Distribution verticale des teneurs en Cuivre (Cu) dans les carottes

#### III-2-4. Zinc

La plus forte teneur du zinc (861,919 mg/kg) est enregistrée dans la carotte C1 (**Tableau 2**). Cependant, celle de C4 est moins concentrée en Zn (65,06 mg/kg) dans sa partie inférieure. La concentration moyenne en zinc dans les sédiments est de 633,851 mg/kg. Les profils verticaux des teneurs en Zinc dans les carottes C3 et C4 (**Figure 4**) ont des allures similaires. Ils peuvent se scinder en deux parties : entre 20-30 cm, les concentrations augmentent jusqu'à atteindre des pics de 802,3 (C3) et 855,4 mg/kg (C4). L'allure de C1 présente une diminution des valeurs suivant un gradient décroissant de la base vers le sommet. Les teneurs augmentent de la base vers la surface dans la carotte C2. Les sédiments sont concentrés en profondeur qu'en surface signe d'une pollution à une certaine époque.



**Figure 5 :** Distribution verticale des teneurs en en Zinc (Zn) dans les carottes

### III-3. Facteur d' enrichissement

Les valeurs de l'enrichissement dans les carottes sédimentaires varient de 0,02 à 0,46 pour le Pb, de 1,16 à 14,83 pour le Cd, de 59,30 à 753,85 pour le Cu et de 1,96 à 147,17 pour le zinc. Les sédiments présentent un enrichissement inexistant en Pb ( $FE < 2$ ) sur toute l'étendue des carottes. Les échantillons superficiels (0-10 cm) de la carotte C2 ont un enrichissement significatif en Cd ( $5 < FE < 20$ ). Par contre C3 enregistre un FE égal à 1,16 dans les sédiments entre 20-30 cm de profondeur. Cela traduit un enrichissement faible en Cd. Concernant le Cuivre, l'enrichissement extrême est observé dans toutes les carottes ( $40 < FE$ ). L'évolution du Fe et Zn passe d'un enrichissement faible à un enrichissement très élevé. L'ordre d'enrichissement croissant des sédiments en métaux lourds est le suivant :  $Pb < Cd < Zn < Cu$ .

### III-4. Niveau de pollution des sédiments en ETM

#### III-4-1. Plomb

Les valeurs des indices varient de -15,5 à 0. Elles sont toutes inférieures à 0 ( $I_{geo} \leq 0$ ). Les sédiments ne sont pas pollués en plomb. L'intensité de la pollution se trouve dans la classe 0 (pas de pollution).

### **III-4-2. Cadmium**

Les valeurs des indices évoluent entre -1,14 et 2,49 avec une moyenne de 0,25. La valeur maximale (I<sub>géo</sub> = 2,49) est enregistrée dans la carotte C3 (10-20 cm de profondeur) de la baie. Ce qui implique qu'ils sont de la classe 3 (modérément pollué à fortement pollué). L'intensité de la pollution des sédiments varie de non pollué à modérément pollué (classe 1).

### **III-4-3. Cuivre**

L'ensemble des sédiments des carottes présentent des concentrations en I<sub>géo</sub> qui varie de 5,22 à 5,75. Les sédiments sont extrêmement pollués en cuivre (classe 6).

### **III-4-4. Zinc**

Les valeurs de l'indice de géo accumulation oscillent entre -0,26 et 3,47 ; avec une moyenne égale à 2,82. L'intensité de pollution, dans la baie d'Aboubou, oscille entre la classe 0 (pas de pollution) et la classe 4 (fortement pollué). La valeur maximale (I<sub>géo</sub> = 3,47) est observée dans les sédiments de la base de la carotte C1, d'où ils sont fortement pollués. De même que la carotte C3 (de la base vers le sommet) qui appartient à la classe 4. Le Cuivre et le Zinc sont les polluants les plus importants car ils présentent des intensités de polluant situées dans les classes 3 et 5. L'ordre de grandeur des polluants est : Pb < Cd < Zn < Cu.

## **III-5. Qualité environnementale des sédiments**

La toxicité potentielle des sédiments de la baie a été évaluée en comparant les concentrations des ETM mesurés aux différentes valeurs guides sédimentaires (**Tableau 3**). Les échantillons présentent des concentrations en Plomb, Cadmium et Zinc inférieures aux valeurs soit respectivement 100 %, 100 % et 8,33 % (**Tableau 3**). Ce qui implique que ces échantillons peuvent rarement causer des effets indésirables sur les organismes aquatiques. Ensuite, 100 % et 91,67 % des échantillons de sédiments peuvent causer fréquemment des effets toxiques, avec des concentrations excédant les valeurs ERM respectivement pour le cuivre (270 mg/kg) et pour le zinc (410 mg/kg).

**Tableau 3 :** Classement des pourcentages des échantillons de sédiments selon les critères de qualité ERL et ERM

Critère de qualité des sédiments	Pb	Cd	Cu	Zn
ERL	46,7	1,2	34	150
ERM	218	9,6	270	410
Comparaison avec ERL et ERM				
% des échantillons < ERL	100	100	0	8,33
% des échantillons entre ERL - ERM	0	0	0	0
% des échantillons > ERM	0	0	100	91,67

*ERL : Effects Range Low*

*ERM : Effets Range Médian*

#### IV - DISCUSSION

Cette étude a révélé que le sédiment de la baie d'Abouabou recevant des influents industriels est plus pollué en métaux lourds. En effet, Selon [17], les baies sont les réceptacles des effluents urbains, industriel et des eaux de ruissellement. On note que le Cuivre a une teneur (984 mg/kg) supérieur à celle mesurées par [9]. Ces différences de concentrations seraient probablement en relation avec les eaux de ruissellement et à l'érosion des terrains agricoles (engrais et les pesticides). Ces phénomènes apportent dans ce milieu aquatique des métaux lourds issus des activités de garage et de soudure. Elles peuvent être dues également à la différence entre le nombre d'échantillons prélevés. La teneur moyenne en zinc (614,52 mg/kg) des sédiments superficiels est largement supérieure aux valeurs moyennes obtenues dans la baie du Banco et rade (118,67 mg/kg) puis celle de Biétry (137,33 mg/kg). [6, 18]. Cela pourrait être dû au déversement d'ordures ménagères, eaux usées et l'utilisation d'engrais chimique. D'une manière générale, les teneurs en métaux dans les couches analysées ont les plus fortes concentrations pris dans le niveau (0-10 cm) suivant en Pb, Cu et Zn. Cette distribution pourrait être expliquée par le flux diffusif des métaux et leur rétention par les couches plus argileuses lors de la compaction. Les métaux lourds se concentrent majoritairement dans la vase plutôt que dans le sable [19]. Cette variation des métaux lourds dans l'ensemble des carottes peuvent être imputables à des hétérogénéités lithologiques et granulométriques [20].

## V - CONCLUSION

L'étude des carottes sédimentaires de la baie d'Abouabou à travers les FE, Igeo, a permis de connaître l'historique de la pollution des métaux (Pb, Cd, Cu et Zn). Les résultats révèlent une contamination du secteur d'étude par le plomb Cd et Cu. Les teneurs de ces ETM (Pb, Zn) sont plus élevées à l'entrée de la baie les sédiments superficiels. Les valeurs du Cadmium, quant à elle est plus concentrées dans la partie intermédiaire de la carotte 3 dans le bras de la baie. Les résultats montrent que la pollution de Pb dans ladite baie est récente notamment celle du cadmium. Il faut noter aussi que les profils sédimentaires montrent un enrichissement très important de la partie sommitale dans l'ensemble des carottes en Cd, Cu et Zn. Ce qui signifie l'existence d'un apport métallique récent provenant probablement des activités agricoles. L'ordre d'enrichissement des polluants suit le gradient décroissant respectif Zn, Cu, Cd et Pb, de extrêmement pollués à pas de pollution. Les valeurs des indices de géo-accumulation évoluent entre -6,13 et 5,75. Les sédiments se situent entre la classe 0 (pas de pollution) et la classe 6 (Extrêmement pollué). Ces résultats doivent interpeller les différents acteurs, sur la gestion des déchets, exposant la population à des risques de maladie.

## RÉFÉRENCES

- [1] - K. D. KOUAMÉ, O. B. YAPO et L. MÉITÉ, 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) (2016) 204 - 217
- [2] - M. TOURÉ, Y. N'GUESSAN et K. E. KONAN, 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), *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (5) (2018) 2371 - 2380
- [3] - A. V. WOGNIN, Y. M. N'GUESSAN, F. J. P. ASSALÉ, A. M. AKA, A. S. COULIBALY, S. MONDÉ et K. AKA, 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) (2017) 911 - 923
- [4] - Y. A. N'GUESSAN, M. TOURÉ, K. E. KONAN, P. SEHE, Z. B. DIGBEHI, K. AFFIAN et K. AKA, Analyse chimique et distribution spatiale des métaux lourds et polluants organiques dans l'estuaire du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 11 (6) (2015) 170 - 182
- [5] - A. S. COULIBALY, E. M. AMANI, A. C. AKOBÉ, S. MONDÉ, K. AKA et B. GÉRARD, 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) (2014a) 135 - 139
- [6] - A. S. COULIBALY, S. MONDÉ, A. Y. N'GUESAN et K. AKA, Spéciation chimique des éléments traces métalliques dans un environnement lagunaire confiné : la baie de Biétry, *International Journal Biological. Chem. Sci.*, 5 (6) (2011) 2543 - 2556
- [7] - K. AFFIAN, M. ROBIN, M. MAANAN, Z. B. DIGBEHI, E. DJAGOUA et F. KOUAME, Heavy metal and polycyclic aromatic hydrocarbons in Ebrié lagoon sediments, Côte d'Ivoire, *Environmental Monitoring and Assessment*, 159, 1-4 (2009) 531 - 541
- [8] - K. AFFIAN, Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire), par des études géochimiques, bathymétriques et hydrologiques. Contribution du S.I.G. et de la télédétection, Thèse de Doctorat d'état Ès Science Naturelle., Université de Cocody, Abidjan, (2003) 216 p.
- [9] - T. E. WANGO, M. TOURÉ et Y. M. N'GUESSAN, Bathymétrie d'une baie et son incidence sur la répartition des métaux lourds : cas de la baie d'Abouabou en lagune Ebrié Cote d'Ivoire, *Afrique Science*, 11 (3) (2015) 37 - 44
- [10] - A. M. L. KANDO, N. J. P. YAO, T. J. G. IRIÉ, A. F. KOUAME, A. S. COULIBALY, S. MONDE et K. AKA, Processus Sédimentaires et Paléoenvironnement des Formations Détritiques et Terrigènes de la Baie d'Abouabou (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 147 (4) (2017) 433 - 445
- [11] - A. M. L. KANDO, V. WOGNIN, T. J. G. IRIÉ, A. M. AKA, A. S. COULIBALY, S. MONDE et K. AKA, Etat de la pollution organique des eaux de la baie peri-urbaine et confinée d'Abouabou (lagune Ebrié, côte d'ivoire), Impacts des forçages. BIOTERRE, *Inter. Sci. de la Terre*, (2016) 16
- [12] - J. R. DURAND, D. GUIRAL, Hydroclimat et Hydrochimie In Environnement et Ressources aquatiques de Cote d'Ivoire, Tome II, Milieux lagunaires, *ORSTOM*, (1994) 59 - 90
- [13] - P. CHASSIN, D. BAIZE, P. CAMBIER et T. STERKMAN, Les éléments traces métalliques et la qualité des sols, Impact à moyen et à long terme, *Etude et gestion des sols*, 3 (4) (1996) 298 - 306
- [14] - G. MÜLLER, Die schwermetallbelastung der sedimente des Neckars und seiner Nebenflusse. Eine bestandsaufnahme. *Chemical Zeitung*, 105 (1981) 157 - 164
- [15] - K. M. YAO, Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié dans la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, (2009) 182 p.

- [16] - E. R. LONG, C. BIN, S. L. SMITH et F. D. CALDER, Incidence, Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19 (1995) 8 - 97
- [17] - A. S. COULIBALY, S. MONDE, V. WOGNIN et K. AKA, Teneurs en éléments traces métalliques des sédiments d'un environnement littoral mixte : Confluence fleuve Comoé lagune Ebrié en Côte d'Ivoire. *Rev. CAMES*, (2010) 10
- [18] - A. S. COULIBALY, S. MONDE, Y. A. N'GUESSAN et K. AKA, Dynamique des éléments traces métalliques dans les sédiments des baies d'Abidjan (Baie Du Banco et Rade Portuaire). *European Journal of Scientific Research*, 46 (2) (2010) 204 - 215
- [19] - K. S. KEUMEAN, B. S. BAMBA, G. SORO, N. SORO, B. S. METONGO et J. BIEMI, Concentration en métaux lourds des sédiments de l'estuaire du fleuve Comoé à Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, 61 (2013) 4530 - 4539
- [20] - M. J. JOUANNEAU, Evaluation des pollutions métalliques dans les sédiments. In : *Océanis*, 16 (4) (1990) 277 - 286