

Bathymétrie d'une baie lagunaire et son incidence sur la répartition des métaux lourds : cas de la baie d'Abouabou en lagune Ebrié, Côte d'Ivoire

Ted Edgard WANGO^{*}, Mamadou TOURE et Yao Mathieu N'GUESSAN

*UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département de Géosciences Marines,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

^{*}Correspondance, courriel : tedwango10@gmail.com

Résumé

La lagune Ebrié et ses baies sont le siège d'une sédimentation active notamment par les métaux lourds (zinc, fer, cuivre, manganèse, mercure et cadmium). La baie d'Abouabou, qui appartient à cette lagune, n'échappe pas à ce phénomène. Plusieurs facteurs peuvent influencer la répartition de ces métaux dans les fonds lagunaires. A partir de la bathymétrie de la baie, il a été mis en évidence l'influence de celle-ci sur la répartition de ces métaux. La nouvelle carte bathymétrique réalisée a révélé un taux de comblement de la baie de l'ordre de 14 cm/an entre 1979 et 2000.

Mots-clés : *lagune Ebrié, baie d'Abouabou, métaux lourds, bathymétrie, Côte d'Ivoire*

Abstract

Bathymetry of a bay and its impact on the variation of heavy metals: cas of Abouabou bay in Ebrié Lagoon, Côte d'Ivoire

The Ebrié lagoon and its bays are the area of an active sedimentation especially by the heavy metals polluting (zinc, iron, copper, manganese, mercury and cadmium). It is the case of the bay of Abouabou of the Ebrié lagoon. Several factors can influence the variation of these metals in the lagoon. From the bathymetry, it was highlighted the influence of this one on the distribution of these metals. Moreover bathymetry revealed that this bay undergoes a filling which is estimated at 3 m between 1979 and 2000.

Keywords: *EbriéLagoon, Abouabou bay, heavy Metals, Bathymetry, Côte d'Ivoire*

1. Introduction

La baie d'Abouabou est située sur la rive sud, à l'Est d'Abidjan, entre les latitudes 5° 15' et 5° 18' N et les longitudes 3° 52' et 3° 56' W (**Figure 1**). C'est une baie périphérique d'une superficie de 3,90 km² qui appartient à la lagune Ebrié. La plupart des baies de cette lagune situées en zone urbaine fortement industrialisée (Biétri, Banco, Cocody, etc...) ont fait l'objet de nombreux travaux portant entre autre sur la pollution par les métaux lourds [1, 2]. Ce qui n'est pas le cas des baies localisées en zone non urbanisée, entourées de mangroves et de plantations de cocotiers telle que la baie d'Abouabou.

L'objectif de cette étude est de déterminer la qualité chimique des sédiments d'une part et d'autre part d'analyser leur répartition en fonction de la bathymétrie.

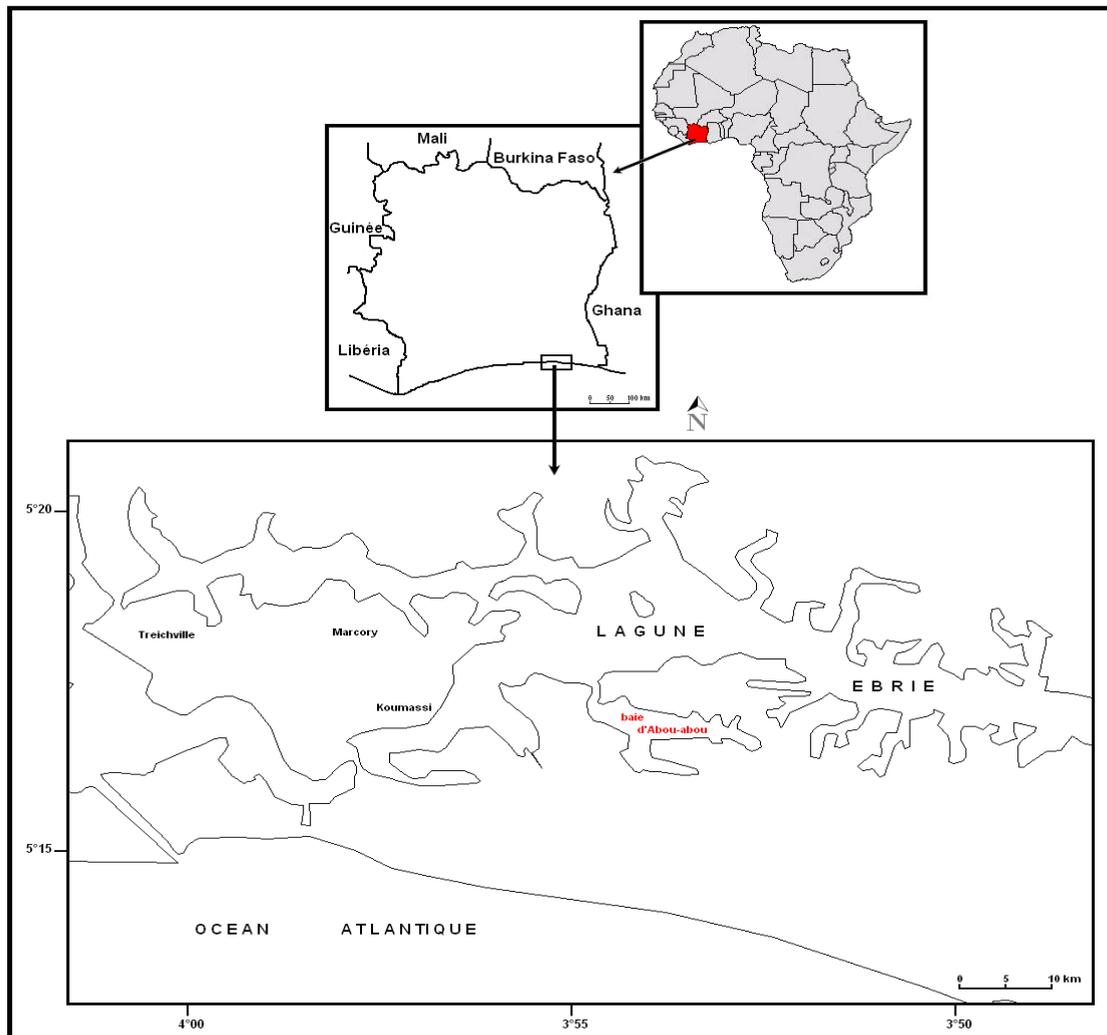


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2. Matériel et méthodes

2-1. Mesures bathymétriques

Un échosondeur mono faisceau DESO 20 du Port Autonome d'Abidjan (PAA), couplé à un GPS a été utilisé pour l'acquisition des sondes à une fréquence de 210 Hz dans la baie d'Abouabou. La position de l'embarcation est relevée à pas de temps régulier par l'intersection des angles donné par les théodolites et le cercle hydrographique. Un marégraphe a permis de corriger les sondes initiales par soustraction du marnage qui était de l'ordre de 0,20 m. Le levé bathymétrique est constitué de 21 profils espacés de 200 mètres (*Figure 2*). L'interpolation de la bathymétrie entre sondes s'est faite classiquement en vue d'obtenir des grilles bathymétriques appelées modèles numériques de terrain (MNT) construit par un «interpolateur exact» tel que le krigeage linéaire dans Surfer 9.

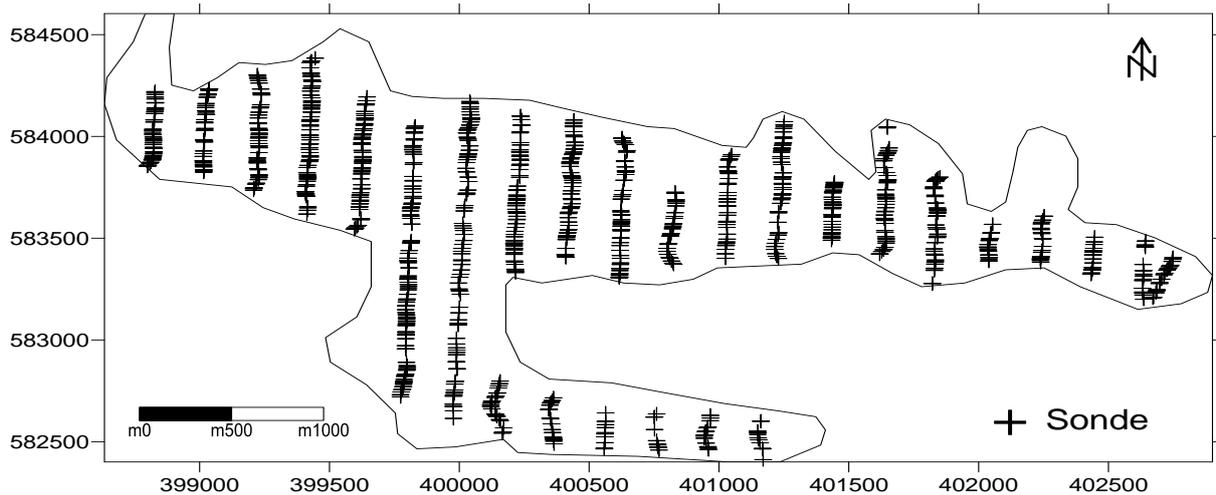


Figure 2 : Levé bathymétrique (21 profils et 5 441 sondes)

2-2. Dosage géochimique des sédiments

Des échantillons de sédiments ont été prélevés à l'interface eau-sédiment à l'aide d'une benne Van Veen et d'un cône Berthois dans la baie d'Abouabou (**Figure 3**). Les sédiments ont fait l'objet d'analyse géochimique au CIAPOL (Centre Ivoirien Anti Pollution) pour déterminer la présence de métaux lourds et d'hydrocarbure. Les métaux lourds (Zn, Fe, Cu, Cd, Mn) sont dosés par spectroscopie d'absorption atomique (AAS) tandis que le mercure (Hg) est analysé par spectroscopie d'absorption atomique en vapeur froide (CVAAS) à 253,7 nm. Pour la détection d'hydrocarbure, un spectrofluorimètre de type RF-5000 a été utilisé. L'échantillon de référence utilisé pour doser la présence d'hydrocarbure dans les sédiments est le pétrole brut extrait du champ pétrolier "Bélier" de fluorescence maximale à 345 nm. Les résultats des différentes analyses géochimiques et sédimentologiques sont présentés dans le **Tableau 1**. Le cadmium a été mesuré uniquement à la station S5 (5,57 mg/kg) car sa concentration était supérieure à la limite de détection de l'appareil de mesure 0,002. A l'aide du logiciel Surfer 9.0 des cartes de répartition spatiale des métaux lourds et des hydrocarbures en fonction de la bathymétrie de la baie d'Abouabou ont été établies sauf pour le cadmium. La méthode d'interpolation utilisée est le krigeage linéaire.



Figure 3 : Carte de prélèvements

Tableau 1 : Analyse géochimique et sédimentologique des sédiments [3]

Sites	Concentration des métaux (mg/kg)						Granulométrie
	Cd	Cu	Fe	Mn	Hg	Zn	
S ₁	< 0,002	10,00	11,59	235,40	0,41	24,76	Sable moyen verdâtre
S ₂	< 0,002	38,42	54,52	325,39	0,95	106,86	Vase verdâtre
S ₃	< 0,002	42,16	69,19	147,78	0,35	73,68	Vase grise
S ₄	< 0,002	29,06	43,26	206,29	0,51	78,30	Sable argileux gris verdâtre
S ₅	5,57	38,55	53,01	889,81	0,50	84,38	Vase grise
S ₆	< 0,002	36,26	48,41	1284,03	0,24	71,61	Vase verdâtre sulfureuse
S ₇	< 0,002	32,64	48,41	714,78	0,65	100,55	Vase grise
S ₈	< 0,002	14,27	23,52	239,74	0,80	48,88	Vase grise verdâtre
S ₉	< 0,002	7,00	2,17	55,42	0,24	10,30	Vase grise verdâtre
S ₁₀	< 0,002	8,62	5,14	33,88	0,33	12,87	Sable moyen
S ₁₁	< 0,002	36,29	48,7	506,55	0,54	96,71	Vase verdâtre sulfureuse
S ₁₂	< 0,002	8,25	6,05	63,41	0,49	14,88	Sable fin
Min	0	7	2,17	33,88	0,24	10,30	
Max	5,57	42,16	69,19	1284,03	0,95	106,86	
Moyenne	0,46	25,13	34,50	391,873	0,50	60,32	
Ecartype	1,61	14,14	23,31	388,075	0,22	36,35	

3. Résultats et discussion

3-1. Morphologie de la baie

La **Figure 4** présente la bathymétrie interpolée (krigeage linéaire) de la baie d'Abouabou. Cette baie est caractérisée par un passage relativement étroit (100 m environ) et peu profond (1 m) relié au chenal principal long de 4 km et de direction E-W. Au bas de ce dernier, on observe, un chenal courbe de directions N-S et E-W, d'une longueur d'environ 2 km. La morphologie du fond est caractérisée par une succession de hauts-fonds (profond de 5 m environ avec des pentes relativement fortes) et de fosses pouvant atteindre 23 m au maximum. Comparée aux travaux antérieurs [4], les profondeurs semblent avoir régressées passant de 26 à 23 m de profondeur. Une des hypothèses qui pourraient expliquer cette régression est le comblement de la baie par les sédiments. En effet, le devenir ultime des milieux lagunaires est le comblement [5].

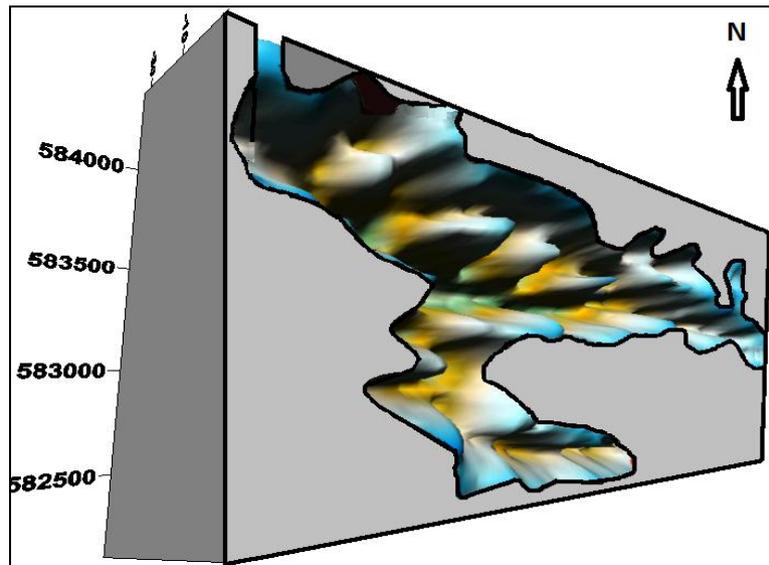


Figure 4 : Carte de bathymétrie 3D interpolée (krigeage linéaire)

3-2. Répartition des métaux

3-2-1. Cuivre, Fer et Zinc

La répartition du cuivre, du fer et du zinc apparaît identique dans la baie (*Figure 5*) d'autant qu'il y a une bonne corrélation ($>90\%$) entre ces éléments (*Tableau 2*). Les fortes concentrations de Cu se rencontrent surtout au niveau de la branche nord. A l'Ouest la concentration est de 42 mg/kg à des profondeurs de 11 à 19 m et à l'Est, elle est voisine de 36 mg/kg avec une profondeur de 11 m (*Figure 5a*). Les faibles concentrations s'observent essentiellement à l'entrée, au centre et à l'extrémité orientale de la baie. La *Figure 5b* indique une répartition du fer relativement identique à celle du zinc (*Figure 5c*). Les fortes concentrations se retrouvent surtout au niveau de la branche nord de la baie. D'abord à l'Ouest de celle-ci où on a des profondeurs de l'ordre de 19 m, les concentrations atteignent 65 mg/kg. Dans la partie est, il y a une petite zone avec une concentration d'environ 50 mg/kg pour des fonds voisins de 11 m. Le long de la berge ouest, la teneur en fer atteint 50 mg/kg pour des profondeurs variant entre 5 et 11 m. Comme pour le zinc, les plus faibles concentrations en fer se retrouvent à l'entrée de la baie, au centre et à son extrémité est. Au niveau du zinc (*Figure 5c*), on observe les variations suivantes :

- (i)- à l'entrée de la baie, la concentration en zinc est de 20 à 45 mg/kg pour des profondeurs de 5 à 11 m ;
- (ii)- entre 11 et 19 m de profondeur, on note une forte concentration en zinc (75 à 100 mg/kg) ;
- (iii)- sur la berge ouest, la concentration en zinc varie de 80 à 90 mg/kg pour des profondeurs de 5 à 11 m ;
- (iv)- au centre de la baie, où les fonds varient entre 19 et 21 m, la concentration en zinc reste inférieure à 40 mg/kg. Cette faible concentration se rencontre aussi à l'extrémité Est de la baie où les profondeurs restent inférieures à 5 m ;
- (v)- enfin, à l'Est de la branche nord du chenal, à la profondeur de 11 m, on observe une concentration en zinc de 85 mg/kg.

On constate que pour une même profondeur, la concentration en zinc varie selon le secteur.

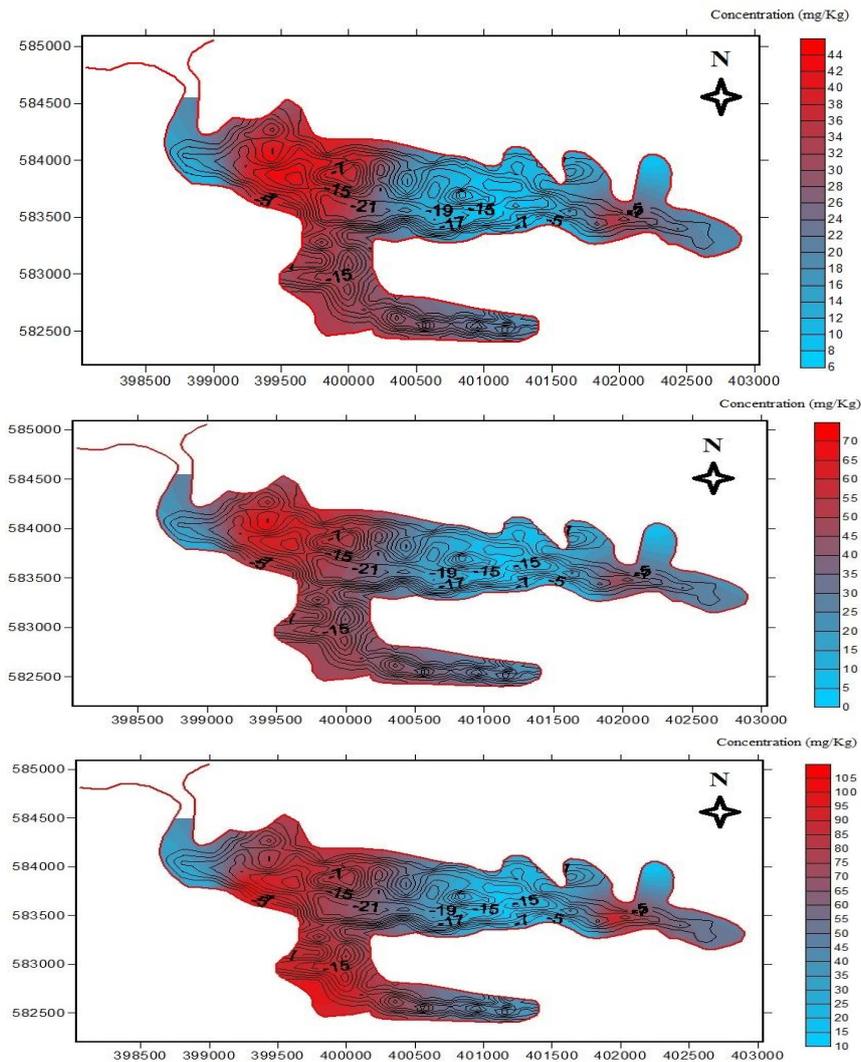


Figure 5 : Variation spatiale du Cu (a), du Fe (b) et du Zn (c) en fonction de la bathymétrie

Tableau 2 : Matrice de corrélation de Pearson (n)

Variabes	Zn	Fe	Cu	Cd	Mn	Hg
Zn	1	0,910	0,918	0,209	0,552	0,522
Fe	0,910	1	0,986	0,250	0,526	0,278
Cu	0,918	0,986	1	0,299	0,598	0,237
Cd	0,209	0,250	0,299	1	0,404	-0,001
Mn	0,552	0,526	0,598	0,404	1	-0,059
Hg	0,522	0,278	0,237	-0,001	-0,059	1

3-2-2. Manganèse

La concentration en manganèse est élevée essentiellement dans les zones les plus profondes de la baie (**Figure 6**). En effet, les plus fortes concentrations (jusqu'à 1200 mg/kg) se retrouvent dans les profondeurs de 15 à 21 m à l'intersection des deux branches de la baie. En dehors de cette zone, la concentration du manganèse reste faible dans toutes les autres parties de la baie.

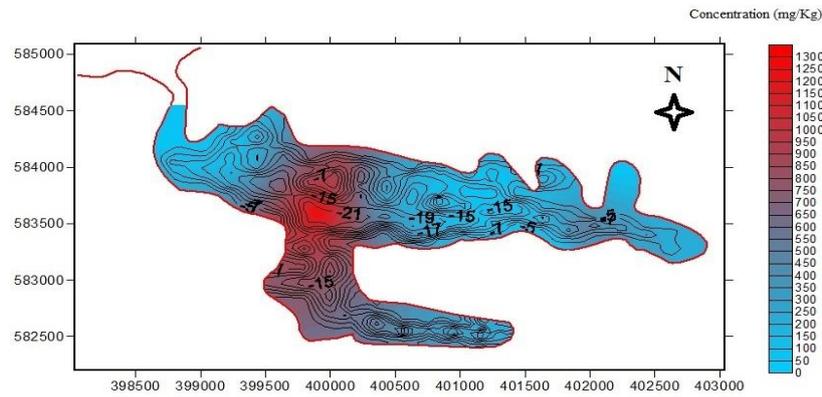


Figure 6 : Variation spatiale du Mn en fonction de la bathymétrie

3-2-3. Mercure

La **Figure 7** révèle des secteurs à concentration élevée en mercure situés sur les bords de la baie ainsi que les hauts-fonds. Au niveau de la berge ouest, on note deux zones de forte concentration : 0,85 à 0,90 mg/kg au Nord et 0,6 à 0,7 mg/kg au Sud. La profondeur y est relativement faible (5 à 9 m). Au centre de la baie, les concentrations élevées se retrouvent au niveau d'un haut-fond (5 à 7 m de profondeur). A l'extrémité est, un secteur comporte des concentrations comprises entre 0,50 et 0,55 mg/kg pour des profondeurs faibles, allant de 5 à 7 m.

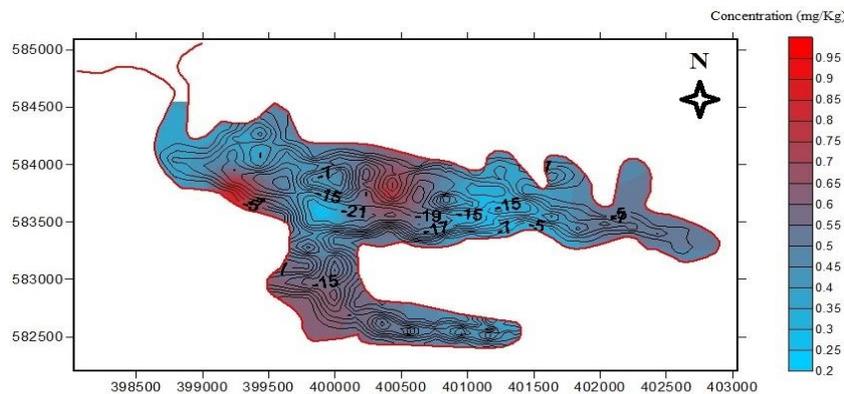


Figure 8 : Carte de distribution du Mercure en fonction de la bathymétrie

La bathymétrie de la baie d'Abouabou révèle des profondeurs atteignant 23 m contre une profondeur maximale de 26 m observée par [6]. Le taux de comblement est de l'ordre de 14 cm/an de 1979 à 2000. L'une des hypothèses pour justifier cette variation du fond est le comblement de la baie par les sédiments sableux et vaseux. La vase se dépose par simple décantation tandis que le sable est issu de la remobilisation des sédiments sableux des berges qui à la faveur des fortes pentes de la baie (jusqu'à 20 % et plus) glissent dans l'axe de la baie lors des périodes d'agitation du plan d'eau [7]. Les sédiments piégés dans les lagunes dépassent de loin, en volume, ceux qui s'en échappent, d'où leur tendance au comblement [8]. La répartition des sédiments est influencée par la bathymétrie. Les sables tapissent les zones moins profondes et les vases se concentrent dans les chenaux profonds. Plusieurs études dans les lagunes ivoiriennes ont montrés que les métaux lourds se concentrent majoritairement dans la vase plutôt que dans le sable [9,10]. Les variations spatiales des métaux lourds dans la baie d'Abouabou peuvent être imputables à des hétérogénéités lithologiques et granulométriques [11].

4. Conclusion

L'étude de baie d'Abouabou à travers sa bathymétrie, a permis la description de sa morphologie de fond. Elle a révélé que la baie présente un chenal à deux branches, l'une de direction E-W et l'autre de direction N-S et E-W. La profondeur maximale observée est de 23 m. Le chenal principal est caractérisé par des hauts-fonds intercalés par de petits chenaux de direction N-S. Comparés aux travaux antérieurs, les fonds de cette baie ont régressé d'environ 3 m depuis 1979, ce qui correspond à une vitesse de sédimentation de l'ordre 14 cm/an. Les dosages géochimiques ont montré la présence de métaux lourds dont la distribution dans la baie est fonction de la granulométrie des sédiments qui traduit l'influence de la bathymétrie sur leur répartition spatiale.

Références

- [1] - KOFFI MARCELLIN YAO Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié dans la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Thèse Unique de Doctorat, Université de Cocody*, (2009) 182p.
- [2] - N'GUESSAN LOUIS BERENGER KOUASSI Contribution à l'étude de la distribution, de la mobilité et de la toxicité potentielle des métaux Cuivre, Zinc et Cadmium dans les sédiments d'un estuaire tropical (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) ». *Thèse de Doctorat Unique, Univ. Félix Houphouet-Boigny*(2014) 256p.
- [3] - K. AFFIAN Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (la 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 de Doctorat d'Etat, Univ. Cocody*, (2003) 225p.
- [4] - A. R. GOUGNON Contribution à l'étude géochimique des sédiments superficiels du système Ebrié : cas de la baie d'Abouabou. *Dea, Univ. Cocody*, (2003)66p.
- [5] - J. P. TASTET Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). *Thèse doct., Univ. Bordeaux I, n° 621*, (1979) 181p.
- [6] - J. C. BIDE, C. CARRUESCO, A. KLINGEBIELL'approche géologique des environnements lagunaires. CIFEG, Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine - *Université de Bordeaux I*, (1982) 110p.
- [7] - J. P. TASTET, D. GUIRAL Géologie et sédimentologie. *In : environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire ; Tome II : les milieux lagunaires, édition ORSTOM*. (1994) 35-57.
- [8] - G. CATANEO, C. STRETTA Lagunes et estuaires sous l'influence de la marée. *Départ. Hydraul. Et mécanique des fluides, hydrodyn. Marine, INP Toulouse*, (2001) 20p.
- [9] - A. S. COULIBALY, S. MONDE, V. A. WOGNIN, K. AKA Analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans les baies estuariennes d'Abidjan en Côte d'Ivoire. *Afrique Science 05(3)*, (2009) 77-96.
- [10] - K. N. KEUMEAN, S. B. BAMBA, G. SORO, N. SORO. B. S. METONGO, 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.
- [11] - J. M. JOUANNEAU Evaluation des pollutions métalliques dans les sédiments. *In :Océanis, vol. 16, fasc. 4*, (1990)277-286.