

# JOURNAL OF ENVIRONMENTAL HYDROLOGY

*Open Access Online Journal of the International Association for Environmental Hydrology*

VOLUME 24

2016

## EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE D'UN ENVIRONNEMENT LACUSTRE DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER DE COTE D'IVOIRE : LE LAC M'BAKRE

Charles Albéric Aka<sup>1</sup>  
Ama Valérie Irma Wognin<sup>1</sup>  
Fori Paul Assale<sup>1</sup>  
Natchia Aka<sup>2</sup>  
Kouadio Salomon Yao<sup>2</sup>  
Kouamé Aka<sup>1</sup>  
Sylvain Monde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie,  
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières,  
Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan, Côte d'Ivoire  
<sup>2</sup>Centre de Recherches Océanologiques (CRO),  
Abidjan, Côte d'Ivoire

*Des campagnes bathymétriques et sédimentologiques réalisées sur le lac M'Bakré ont permis de caractériser ses fonds et d'évaluer la dynamique hydrosédimentaire. En saison pluvieuse, le volume d'eau du lac est estimé à 46 millions de m<sup>3</sup> contre 40 millions de m<sup>3</sup> en saison sèche. Au plan morphologique, le lac est constitué d'un réseau de 5 chenaux dont quatre chenaux secondaires Nord-Sud rejoignent un chenal principal Est-Ouest. Ce dernier compte un rétrécissement axial permettant de différencier une zone Ouest dominée par des phénomènes d'érosion et une zone Est caractérisée par les phénomènes de dépôts et qui présente la profondeur maximale de 21,1 m. La comparaison faite entre les cartes bathymétriques réalisée en 1972 et 2014 a mis en évidence les principales zones d'érosion et de dépôt de sédiments. Le bilan sédimentaire est globalement positif et indique que les surfaces et volumes de sédiments déposés sont supérieurs à ceux érodés. On peut estimer la vitesse de comblement à environ 1204 m<sup>3</sup>/an.*

*Bathymetric and sedimentological surveys were carried out on lake M'Bakre to characterize the bottom and hydrosedimentary dynamics. In the rainy season, the volume of lake water is estimated at 46 million m<sup>3</sup> compared to 40 million m<sup>3</sup> in the dry season. Morphologically, the lake consists of a network of five channels, four secondary north-south channels joining an east-west main channel. The main channel narrows along its axis making it possible to differentiate an eastern zone dominated by erosion and a western zone characterized by deposition. The maximum depth is 21.1 m. The comparison between the bathymetric maps made in 1972 and 2014 highlighted the main areas of erosion and sediment deposition. The sedimentary balance is overall positive and indicates that surfaces and volumes of sediment deposited are higher than those eroded. We estimate the filling rate to be about 1204 m<sup>3</sup> / year.*

## INTRODUCTION

Le lac M'Bakré situé dans le Sud de la Côte d'Ivoire, est envisagé par les autorités étatiques pour renforcer les réserves en eau potable de la ville d'Abidjan (Saint-Vil, 1983). Il est menacé par l'eutrophisation à cause des installations et aménagements de ses alentours. Peu d'études lui sont consacrées pour les raisons suivantes : - l'enclavement du lac depuis l'ouverture du canal de Vridi, - pour le sceau du sacré et le mystique que lui confère le village de Vridi-Ako. Pour l'étudier, des mesures bathymétriques, et sédimentologiques ont été réalisées entre Juillet 2013 et Juillet 2014. L'objectif étant de caractériser la morphologie et la sédimentologie du lac. Cette étude qui traitera de l'évolution géomorphologique du lac M'Bakré a permis d'estimer ses volumes d'eau et de sédiments.

## PRESENTATION DU LAC M'BAKRE

### Géographie

Il existe de nombreux lacs en Côte d'Ivoire. Ils se répartissent entre les lacs naturels dont fait partie le lac M'Bakré et les lacs artificiels. Ces derniers sont essentiellement dus à l'activité anthropique : barrage hydroélectrique, agriculture, élevage, alimentation humaine (Fao, 1984). Ils répondent à la maîtrise de l'eau pour le développement régulier des activités humaines. Les principaux lacs et leurs superficies sont résumés dans le tableau 1.

Le lac M'Bakré appartient au chapelet de lacs d'eau douce situé en bordure du littoral ivoirien (figure 1). Ce sont les lacs M'Bakré, Laliè, Labion, Lasson, Avagon et N'Ka (Nexon, 2012). Il couvre une superficie de 5,62 km<sup>2</sup> et est alimenté par les eaux d'infiltration en provenance d'un bassin versant de 15 km<sup>2</sup> (Saint-Vil, 1983).

Tableau 1. Quelques caractéristiques des lacs artificiels de Côte d'Ivoire.

Lacs	Cours d'eau modifié	Mise en service	Surface
Ayamé I	Bia	1959	14 000 ha
Ayamé II	lac de reprise d'Ayamé I	1964	14 000 ha
Kossou	Bandama	1972	100 000 ha
Taabo	lac de reprise de Kossou	1978	8 000 ha
Buyo	Sassandra	1980	55 000 ha

### Origine du lac M'Bakre

L'origine du lac M'Bakré coïncide avec celle du système lagunaire Ebrié auquel il appartient. La formation de ce système lagunaire comme celles des lagunes côtières est généralement récente et liée aux dernières variations glacio-eustatiques datant de 18000 an BP (Tastet, 1974; Lankford, 1977; Tastet, 1979; Nichols et Allen, 1981; Bidet *et al*, 1982). Elle s'est faite en quatre (4) phases:

- l'abaissement du niveau zéro de la mer, 110 m en dessous du niveau actuel qui a provoqué l'émergence de plateaux continentaux;
- le creusement de vallées dans les terres émergées parfois fragilisées par des structures tectoniques (Tastet et Guiral, 1994);
- l'inondation de dépressions continentales par la transgression marine holocène;

- la stabilisation du niveau actuel de la mer depuis 5000 à 6000 ans BP permettant la construction de barrière sédimentaire séparant ces dépressions de la mer.

En somme, le lac M'Bakré est une vallée ennoyée creusée sur une faille satellite de l'accident majeure des lagunes et séparé de l'Océan Atlantique par le cordon sableux littoral.

#### Géomorphologie de l'environnement du lac M'Bakré

Le lac peut être décrit comme une vallée profonde entaillée dans les sables argileux anté-holocènes des bas plateaux. Cette vallée conduisait au canyon du trou sans fond mais se trouve actuellement séparée du golfe de Guinée par les cordons sableux holocènes, d'origine marine (Tastet, 1979). Deux ensembles sont distingués (Figure 1).

- des plateaux sablo-argileux d'origine continentale de faible altitude (8-12 m) désignés sous le nom de bas-plateaux (Assemien *et al.*, 1970). Ces dépôts constitués de sables et graviers argileux ocre (Tastet, 1971) sont considérés comme un épandage fluvial de matériaux issus du Continental Terminal pendant le dernier épisode régressif (Ogolien).

- des anciens cordons sableux marins blanchis disposés en bandes parallèles de direction Est-Ouest dont l'altitude varie de 2 à 6 mètres s'appuyant sur la bordure méridionale des "bas-plateaux". Leur mise en place est due aux actions marines (déferlement et dérive littorale) depuis le maximum de la dernière transgression (Nouakchottien) fermant la vallée ennoyée qu'est le lac M'Bakré.

## APPROCHE METHODOLOGIQUE

### Levé bathymétrique

Deux levés bathymétriques ont été réalisés. L'un en Mars 2014 (grande saison sèche) et l'autre en Juillet 2014 (grande saison pluvieuse). Le pas d'échantillonnage ne dépasse pas 10 m et la distance entre les radiaux est d'environ 100 m.

Des corrections ont été appliquées afin de déterminer la profondeur réelle en chaque point.

Elles concernent les données erronées traduites par des valeurs en décalage avec l'évolution réelle des fonds, la profondeur d'immersion du transducteur. Le logiciel "Surfer11" a servi pour l'élaboration des cartes bathymétriques. La méthode d'interpolation utilisée est le krigeage linéaire. Les données bathymétriques de 1960 digitalisées ont servi de base pour la réalisation de la carte selon la même méthode. Afin d'analyser la morphologie des chenaux, des profils transversaux à l'axe central ont été réalisés; dont deux à l'ouest et deux à l'est.

### Calcul des variations volumique et surfacique d'eau et de sédiments

Afin d'estimer la quantité de sable déposée ou érodée entre 1972 et 2014, des profils de fond des périodes de 1972 et Juillet 2014 équivalents aux saisons pluvieuses respectives du lac M'Bakré ont été établis. Deux méthodes ont été utilisées: - celle des moindres carrés appliquée aux trapèzes et aux triangles (Brabant, 2003). Elle consiste en la décomposition de la surface à mesurer en figures géométriques régulières, telles que les triangles, les trapèzes qu'on pourra alors additionner par des formules mathématiques simples. La deuxième consiste en l'interpolation de la bathymétrie afin de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) pour chaque levé. Ensuite, on calcule la différence entre les grilles interpolées (MNT) ( $bathy_{1972} - bathy_{2014}$ ).

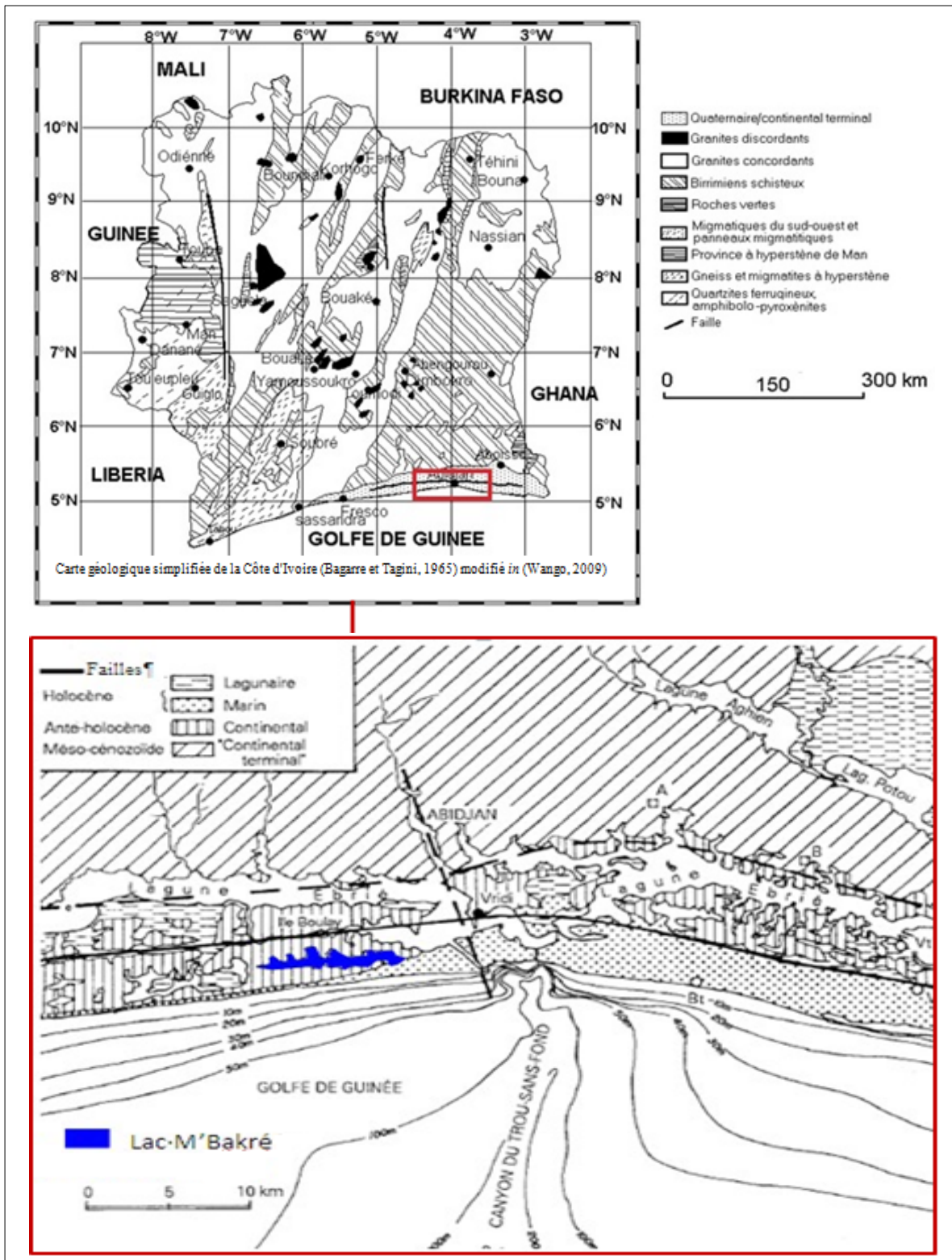


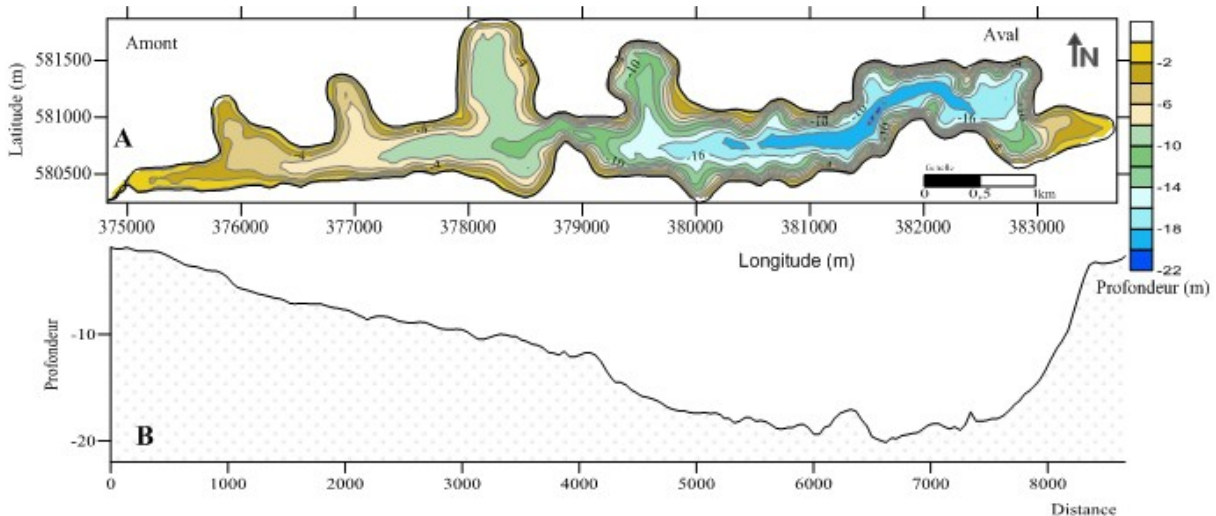
Figure 1. Présentation de la zone d'étude

# RESULTATS

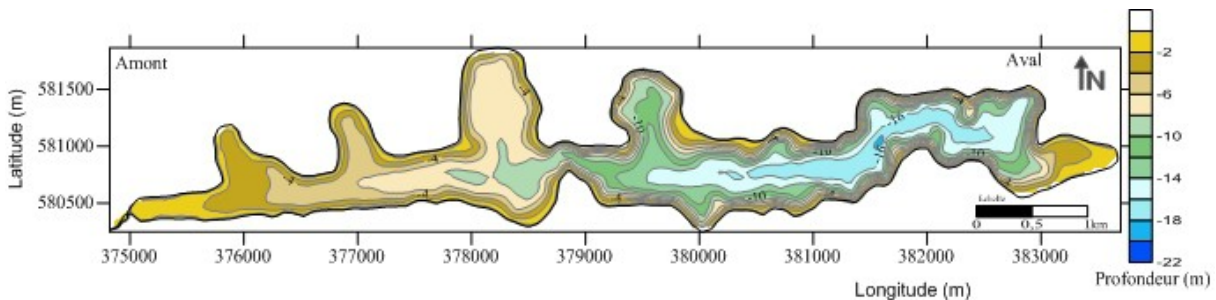
## Morphologie du lac M'Bakré

Le lac M'Bakré est une dépression allongé parallèlement au cordon dunaire qui le sépare de la mer. Il s'étend sur 9,058 km, avec une surface d'environ 5,68 km<sup>2</sup>. L'analyse de la carte bathymétrique du lac M'Bakré réalisée en Juillet 2014, (Figure 2A) montre des profondeurs variant entre 0 et 21,1 m. D'une manière générale, les profondeurs maximales sont concentrées dans l'axe des chenaux et augmentent de l'amont vers l'aval. Ainsi, dans la moitié Ouest, les profondeurs maximales sont inférieures à 11 m alors que dans l'autre moitié, l'évolution est plus irrégulière. Elle varie de 11 m jusqu'au maximum de 21,1 m puis remonte ensuite jusqu'à l'extrémité Est (2m) (Figure 2B). Toutes ces valeurs baissent pendant la saison sèche (Mars 2014) et sont comprises entre 0 et 19,1 m sans changement des tendances, (Figure 3).

Le lac M'Bakré est constitué d'un réseau de cinq chenaux dont le plus important est le thalweg axial qui traverse le lac d'Ouest en Est. Il présente un rétrécissement central permettant de distinguer deux entités. Une entité Ouest peu profonde et une entité Est, en forme d'une cuvette dont le trop plein alimente son effluent principal, le Vri (Figure 2, 3 et 4).



**Figure 2.** Carte bathymétrique du lac M'Bakré et Morphologie du chenal principal en juillet 2014



**Figure 3.** Carte bathymétrique du lac M'Bakré en Mars 2014 (Aka, 2016)

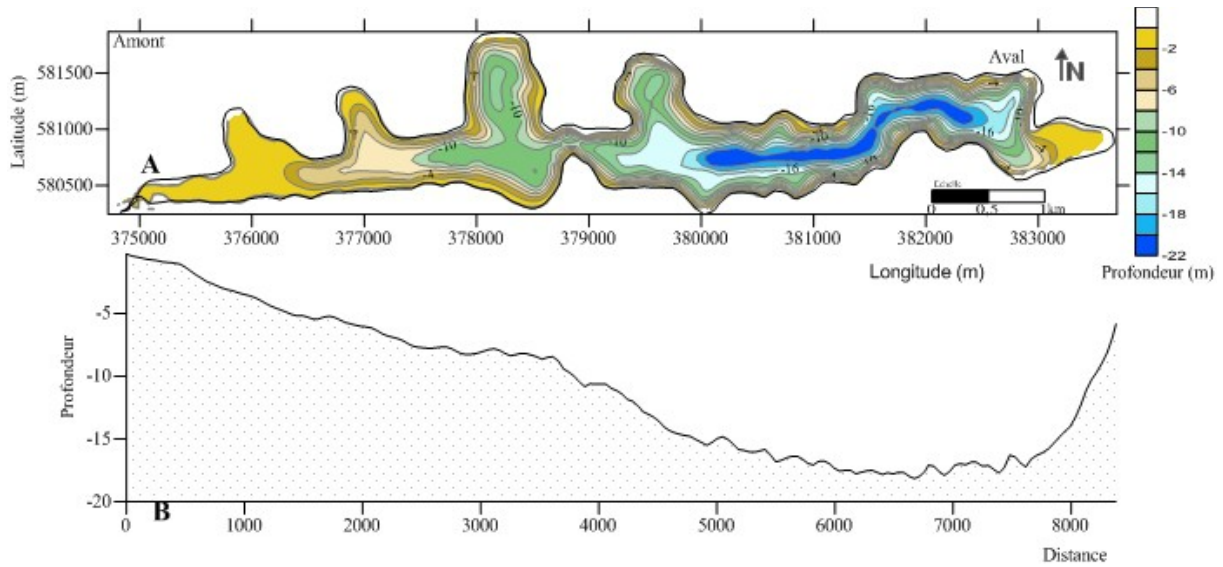


Figure 4. Carte bathymétrique et profil en long du chenal principal du lac M'Bakré en 1972

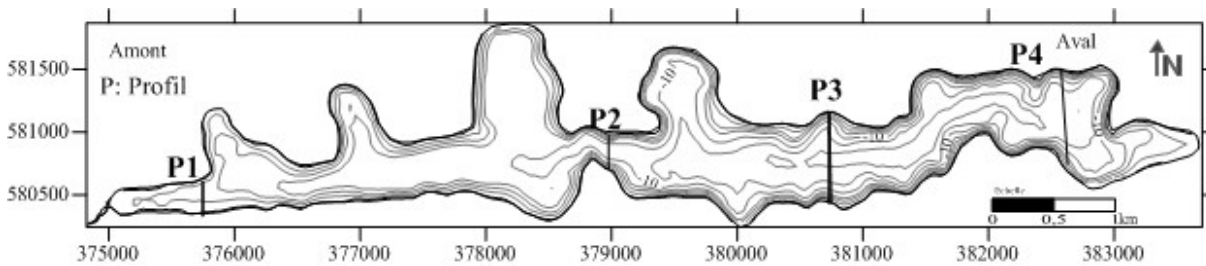


Figure 5. Carte de positionnement des profils

L'analyse des profils (Figure 5) montre que des chenaux en "V", profil type des formes en érosion (Figure 6A) caractérisent l'Ouest du talweg axial. Dans la partie Est, on observe principalement des chenaux en "U" et des chenaux de forme intermédiaire entre le "V" et le "U" (Figure 6B). En effet, à l'extrémité Ouest, les pentes des fonds favorisent la circulation des eaux qui érode le substratum. Néanmoins, l'obstruction qu'occasionne le rétrécissement central du lac, provoque une zone d'érosion et une zone d'accumulation due à la sortie sous pression de l'eau.

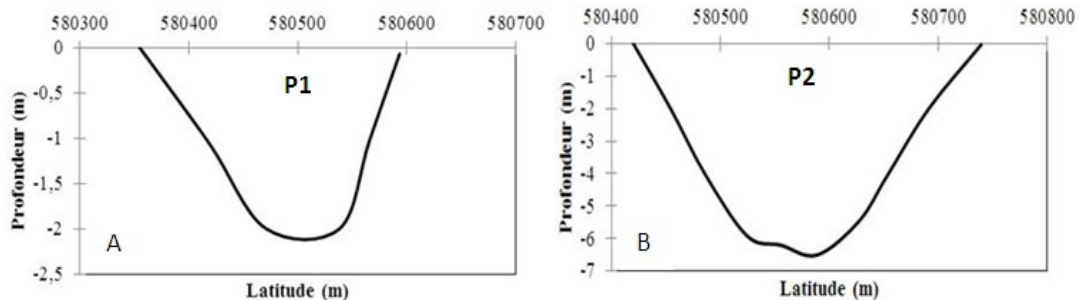


Figure 6. Morphologie du chenal principal Est

Les Figures 7A et 7B, les attestent puisqu'ils mettent respectivement en évidence des formes intermédiaires et des formes en "U" ce qui suggère que les mécanismes d'érosion ne sont pas

dominants. Cependant, à l'extrémité Est du chenal principal, la morphologie est en forme de "V" Cette forme est générée par l'appel d'eau vers le Vri qui a une action érosive sur les fonds.

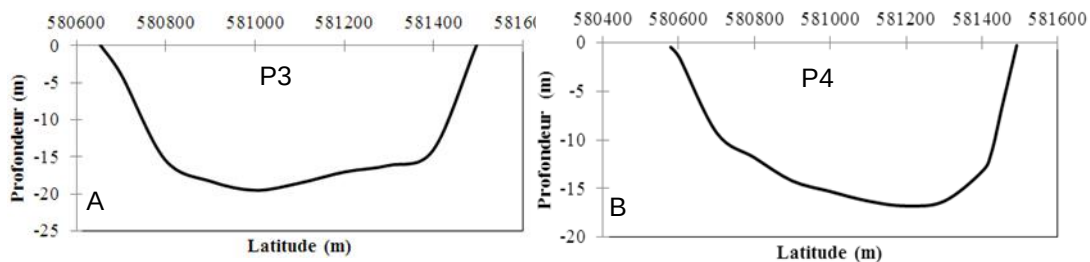


Figure 7. Morphologie du chenal principal Ouest.

### Evolution des fonds du lac entre 1972 et 2014

La variation des fonds sur 42 ans a été extraite de la comparaison entre la carte bathymétrique du lac réalisée en 1972 et celle réalisée en saison pluvieuse 2014 (Figure 8). Elle met en évidence les principales zones d'érosion et de dépôt des sédiments. En effet, des surfaces érodées sont enregistrées de part et d'autre du rétrécissement central. Le bilan sédimentaire est positif (Tableau 2) et indique que les surfaces déposées sont supérieures aux surfaces érodées, donc le lac se comble. Des stocks importants de sables se rencontrent au voisinage de la SIR dans la zone Est. Ils seraient liés à la morphologie des fonds puisque des hauts - fonds et l'extrémité Est du chenal principal constituent des entraves à la circulation des sédiments. On peut estimer la vitesse de comblement à 1204 m<sup>3</sup>/an (Tableau 2).

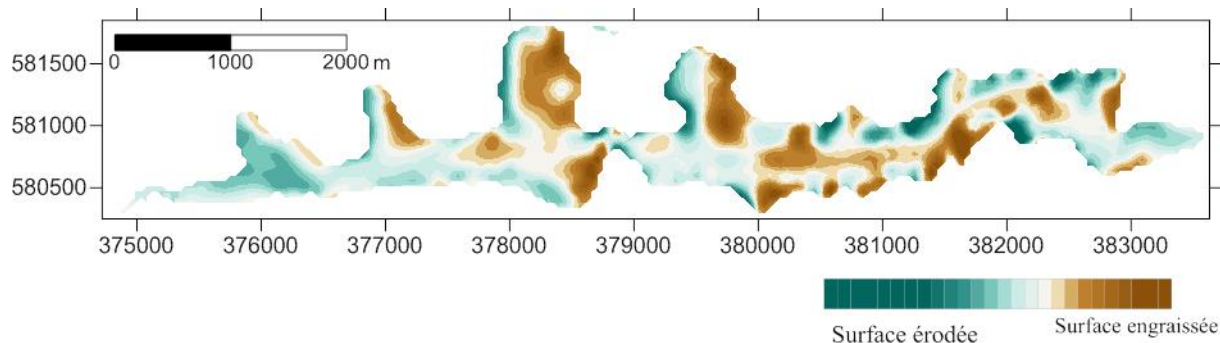


Figure 8. Répartition des surfaces érodées et engraisées du lac M'Bakré entre 1972 et 2014.

Tableau 2. Surfaces érodées et déposées entre 1972 et Juillet 2014.

	Valeurs en m <sup>2</sup>
Surface totale érodée	153598,49
Surface totale engraisée	204166,67
Bilan sédimentaire	50568,18

### Origine des apports sédimentaires

Les diagrammes Md-So (A) et Sk - Md (B) (Moiola et Weiser, 1968), (Figure 9) de l'évolution des paramètres granulométriques des sédiments du lac M'Bakré a permis de déterminer les principales origines des sédiments. En effet, la dispersion des points dans le diagramme Md-So se fait uniquement

dans le domaine plage. Ceci montre que les sédiments proviennent d'un environnement de type plage. Le diagramme Sk - Md confirme qu'ils proviennent d'un environnement de type dune côtière. En somme, les sables des fonds du lac M'Bakré sont issus du "ruissellement" de dunes côtières environnantes. En effet ce lac est situé en milieu littoral sur un cordon fossile qui le sépare de l'océan atlantique.

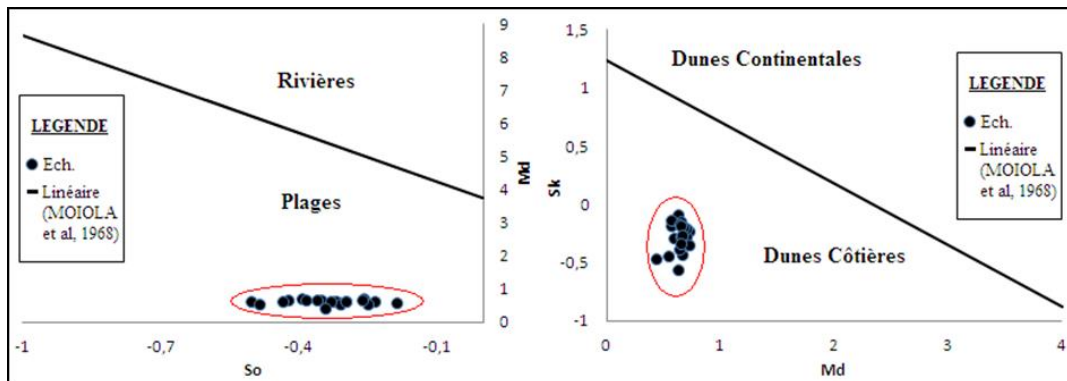


Figure 9. Diagrammes Md-So (A) et Sk - Md (B), (Aka *et al*, 2015)

### Evaluation saisonnière du volume d'eau du lac M'Bakré

Le Tableau 3 montre quelques paramètres limniques du lac M'Bakré pendant les saisons sèche et pluvieuse 2014. Pendant la saison sèche, le lac M'Bakré représentait un volume de 40 millions de m<sup>3</sup> contre un volume de 46 millions de m<sup>3</sup> en saison pluvieuse. Soit un gain de près de 6 millions de m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une profondeur moyenne d'environ 1 m. La surface moyenne de 5,68 km<sup>2</sup> ayant servi de base au calcul. Cette variation volumique se traduit par une remontée moyenne de plus d'un mètre des eaux du lac entre les deux grandes saisons de l'année.

Tableau 3. Variation de quelques paramètres limniques du lac M'Bakré pendant les saisons sèche et pluvieuse 2014.

Saisons de 2014	Volume (m <sup>3</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Profondeur moyenne (m)
Saison pluvieuse	46 166 816,33	5686486,18	8,12
Saison sèche	40 251 029,63	5686486,18	7,08

## DISCUSSION

La morphologie des fonds met en évidence des hauts-fonds qui semblent être édifiée par la dynamique sédimentaire dans la zone Est du lac. Ces structures qui influencent le transit amont-aval, sont aussi présentes dans la lagune Ebrié (Tastet et Guiral, 1994) et au niveau de l'embouchure du fleuve Sassandra (N'Guessan *et al.*, 2014). Elles sont probablement responsables de l'absence de vase dans l'extrémité Est du lac M'Bakré. Elles pourraient former un piège infranchissable pour les sédiments notamment vaseux (Kouassi *et al*, 2007). De même, la capacité du rétrécissement centrale à accélérer le courant principal est confirmée par Beauchamp, (2005) qui souligne que tout rétrécissement dans le chenal produit l'augmentation de la vitesse de l'eau en aval, et corrélativement celle de l'érosion des berges et du fond en amont. Un élargissement au contraire est accompagné d'une



diminution de vitesse qui favorise la sédimentation. Sur la variation des stocks sédimentaires et volumiques d'eau, l'étude a montré que le lac M'Bakré représentait un réservoir de 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau qui peut atteindre 46 millions de m<sup>3</sup> en saisons pluvieuse. La variation de la hauteur d'eau dans le lac est faible en comparaison avec les lacs d'Ayamé I et Buyo (7 à 11 m), (Fao, 1984).

## CONCLUSION

La morphologie des fonds du lac M'Bakré, se résume à un réseau de chenaux dont quatre secondaires grossièrement Nord-Sud joignant un chenal principal grossièrement Est-Ouest. Ce dernier compte une fosse dont la profondeur maximale diminue avec la baisse de la pluviométrie. Il présente aussi un rétrécissement axial permettant de distinguer des formes en "V" caractéristiques des phénomènes érosifs en amont et des formes en "U" en aval plus influencées par les mécanismes de dépôts. La moitié Est du lac renferme des hauts-fonds qui ralentissent la circulation des eaux. Au plan sédimentologique, la dynamique de comblement est estimée à 1204 m<sup>3</sup>/an. Ce plan d'eau a été préservé de la forte pression anthropique que subissent les baies de la lagune Ebrié. Cependant, des mesures de protection et de sensibilisation sont à prendre pour une meilleure gestion de cette retenue d'eau, vue la grande affluence des réceptifs hôtelier, des activités de plaisance et des plantations sur ces berges.

## REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos sincères remerciements au Professeurs Affian Kouadio, du Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie, de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) ; et au Professeur Djagoua Eric Valère. du Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) de l'Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan) pour l'instruction du document

## REFERENCES

- Aka, C.A., 2016. Caractérisation bathymétrique, hydrologique et sédimentologique d'un environnement lacustre du littoral de Côte d'Ivoire: cas du lac M'Bakré (Abidjan). Thèse unique Univ. Cocody, 189p
- Aka C. A., Koffi Bi K. F., Yao N.J-P., Adopo K.L., Yao K. S., Aka N., Monde S. et Aka K., 2015. Caractères sédimentologiques d'un environnement lacustre du littoral de Côte d'Ivoire, cas du lac M'Bakré. *Afrique Science*, 11 (5) 184-198
- Assemien P., Filleron J. C., Martin L. et Tastet J. P., 1970. Le Quaternaire de la zone littorale de Côte d'Ivoire. *Bull. A.S.S.E.Q.U.A., Sénégal*, n°25, pp. 65-78.
- Beauchamp J., Cours de sédimentologie, Université de Picardie 2005 [http://www.u-picardie.fr/~Jacques Beauchamp/ SEDIMENTOLOGIE/ Chapitre 4](http://www.u-picardie.fr/~Jacques_Beauchamp/SEDIMENTOLOGIE/Chapitre4) consulté en 2015
- Bidet J.C., Carruesco C., et Klingebiel A., 1982. L'approche géologique des environnements lagunaires. édit Cifeg, 110 p.
- Brabant M., 2003. Maîtriser la topographie: Des observations au plan, 2<sup>e</sup> édition Eyrolles, 539 p.
- FAO, 1984. Plan directeur pour le développement des pêches dulcicoles en Côte d'Ivoire, Rapport de mission 12 février-27 avril 1984, pp. 1-50.
- Kouassi K. L., Wognin A. V. I., Gnagne T., N'Go Y. A., Courivaud J-R, Kassy P., Deme M. et Aka K., 2007. Caractérisation des sables et morphologie du fond du lac du barrage hydroélectrique de Taabo (Côte d'Ivoire). *Science & Nature*, 4(1), pp 93-103.

- Lankford R. R., 1977. Coastal lagoons of Mexico; their origin and classification. in: M. Wiley (ed.), Estuarine process. Acad. Press, vol. 2, pp. 182- 216.
- Moiola R.J. et Weiser D., 1968. Textural parameters: an evaluation. Journ. Sedim. Petrol. n° 38, pp. 45- 53.
- N'Guessan Y. A., Amani E. M., Koffi B. K. F., Adopo K. L., Diangone B. E., Monde S. et Kouadio A., 2014. Caractérisation morphologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuve Sassandra (Côte d'Ivoire). Afrique SCIENCE 10(2), 277-288
- Nexon C., 2012. Audit environnemental des plans de gestion environnementale et sociale des puits de production dans le bloc ci-27 ainsi que des réseaux de pipelines de transport de gaz naturel et d'hydrocarbures liquides de la plateforme jusqu'aux terminaux de Vridi Est et d'Azito en passant par Vridi ako. Rapport final, pp. 21-31.
- Nichols M. et Allen G., 1981. Suspended sediment transport in coastal lagoons and estuaries. in: Coastal lagoon research. Present and future. UNESCO Technical Papers in Marine Science, n°33, pp. 27-80.
- Saint-Vil J., 1983. L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue *in* : Les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan. Cah. ORSTROM, Ser. Sci. Hum., vol. XIX, n° 4, pp. 471-489
- Tastet J.P., 1979. Environnement sédimentaire et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse Doctorat d'Etat. Univ Bordeaux I, n°621, 181 p.
- Tastet J.P., 1974. L'environnement physique du système lagunaire Ébrié. Univ. Abidjan, Série Documentation, Dép. Sc. de la Terre, no 1 1 , 2 t., 28 p.
- Tastet J.P., 1971. Le contexte géologique du site d'Abidjan. Ann. Univ. Abidjan, Ser. Géogr., 1, pp. 225-246.
- Tastet J.P. et Guiral D., 1994. Géologie et sédimentologie. *in* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, tome II. les milieux lagunaires, édition ORSTOM, pp. 35- 58.
- Wango T.E., 2009. Modélisation de l'hydrodynamique, de la dispersion du sel et de l'eau douce dans le complexe lagunaire de Côte d'Ivoire (Grand-Lahou, Ebrié et Aby). Thèse unique, Univ. Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 164p.

#### ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

Valerie Wognin  
 Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie  
 UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
 Université Félix Houphouët-Boigny 22  
 BP 582 Abidjan 22  
 Côte d'Ivoire

Email: [wognin.valerie@gmail.com](mailto:wognin.valerie@gmail.com)