

Tendance Evolutive Et Bilan Des Sediments De Profondeur De 2008 A 2018 : Cas De La Lagune Adjin (Littoral De La Cote D'ivoire)

TOGBA Alain Privat¹, N'GUESSAN Yao Alexis², KOUAME Aka Ferdin³,
IRIE BI Jean Gaël⁴

1 *Laboratoire de géologie, Ressources minérales et énergétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

2 *Laboratoire de géologie, Ressources minérales et énergétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

3 *Laboratoire de géologie, Ressources minérales et énergétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

4 *Laboratoire de géologie, Ressources minérales et énergétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Résumé

La lagune Adjin a été étudiée dans son aspect morphologique, hydrologique et sédimentologique. Cette étude a permis de comprendre les modifications morphologiques du fond et de la surface de la lagune Adjin à partir de la réalisation et la superposition de deux cartes bathymétriques des années 2008 et 2018. En outre, cette étude permet de connaître l'estimation de la vitesse, du volume de sédiments érodés et déposés. Du point de vue morphologique, la lagune Adjin est caractérisée par des dépressions et des haut-fonds. Les dépressions sont à l'origine de la formation des chenaux de forme « V ». Les haut-fonds sont caractéristiques des chenaux de forme « U ». Les profondeurs inférieures à 11 m occupent les 2/3 de sa superficie. Notamment durant ces dix dernières années, la lagune Adjin a subi des phénomènes d'érosion et de dépôt. Le taux de sédiments érodés est estimé à environ - 1,65 hm³ sur une surface de 7,9 km² tandis que dans la même période, le taux de sédiments déposés est de +3,42 hm³ sur une surface de 12,3 km². Il en résulte un budget sédimentaire de +1,77 hm³. La tendance évolutive de la dynamique sédimentaire dans la lagune Adjin est donc plus favorable à l'engraissement qu'à l'érosion. La vitesse de sédimentation est estimée à environ 2,7 cm/ans. L'analyse morphologique et le bilan sédimentaire apportent des informations capitales sur la bonne gestion des eaux douces et des ressources aquatiques de la lagune Adjin. Alors, les populations vivant à proximité de ce plan d'eau doivent impérativement limiter leurs activités domestiques afin de préserver la qualité de cette eau.

Mots clés : Morphologie, Hydrologie, sédimentologie, lagune Adjin, Côte d'Ivoire.

Abstract

The Adjin lagoon was studied in its morphological, hydrological and sedimentological aspect. This study made it possible to understand the morphological modifications of the bottom and surface of the Adjin lagoon based on the production and superposition of two bathymetric maps from the years 2008 and 2018. In addition, this study makes it possible to know the estimation of the speed, volume of sediments eroded and deposited. From a morphological point of view, the Adjin lagoon is characterized by depressions and shoals. The depressions are at the origin of the formation of "V" shaped channels. Shoals are characteristic of "U" shaped channels. Depths less than 11 m occupy 2/3 of its surface area. Particularly during the last ten years, the Adjin lagoon has suffered erosion and deposition phenomena. The rate of eroded sediments is estimated at approximately - 1.65 hm³ over an area of 7.9 km² while in the same period, the rate of sediments deposited is +3.42 hm³ over an area of 12.3 km². This results in a sediment budget of +1.77 hm³. The evolutionary trend of sedimentary dynamics in the Adjin lagoon is therefore more favorable to fattening than to erosion. The sedimentation rate is estimated at approximately 2.7 cm/year. The morphological analysis and the sedimentary balance provide crucial information on the good management of fresh water and aquatic resources of the Adjin lagoon. Therefore, populations living near this body of water must limit their domestic activities in order to preserve the quality of this water.

Key words: Morphology, Hydrology, Sedimentology, Adjin lagoon, Côte d'Ivoire.

I. INTRODUCTION

Lieu d'équilibre instable, de développement économique et de transit de la plus grande partie des apports continentaux, les lagunes forment l'interface entre le milieu continental, fluvial et marin.

Elles contiennent des milieux sédimentaires naturels caractérisés par leur relatif isolement du milieu marin. La lagune Adjin alimentée en eau douce par les rivières Djibi et Bété fait partie du système lagunaire Ebrié. Les eaux provenant de ces rivières sont souvent chargées en déchets domestiques et en éléments traces métalliques (ETM) qui sont à l'origine de la pollution métallique. Selon Humbert (2012), cette pollution se traduit notamment par une concentration généralisée de nitrates et de produits phytosanitaires. Cependant, cette lagune renferme d'importantes ressources aquatiques pour les populations vivant à proximité de ce plan d'eau. De même elle est utilisée par les villageois pour des besoins domestiques (baignade, vaisselle, cuisine et lessive). Ces nombreux usages domestiques de cette eau douce provoquent une forte pression anthropique. Notons également que plusieurs activités s'y déroulent en profondeur et à la surface de ce plan d'eau (Dragage de sédiments, pêche, transport lagunaire, pisciculture ...etc). Ces activités humaines auront tendance à modifier la morphologie et le niveau de l'eau de la lagune Adjin.

Ainsi surveiller sa morphologie et la protéger de toutes activités anthropiques serait d'un intérêt capital car la lagune Adjin a été choisie par la SODECI pour répondre aux besoins pressants en eau potable de la ville d'Abidjan (Koffi *et al.*, 2014). L'impact de la pression anthropique, l'hydrologie et la morphobathymétrie de la lagune Adjin a fait l'objet de plusieurs études en Côte d'Ivoire (N'Guessan, 2008 ; Wognin *et al.*, 2011 ; Traore *et al.*, 2012 ; Bondy, J., 2015 ; Yéo, 2015 ; Eba *et al.*, 2016 ; Noufé *et al.*, 2018 ; Diallo *et al.*, 2019)

Cette présente étude à caractère morphologique et hydrosédimentaire a pour objectif d'étudier l'évolution morphologique et la dynamique sédimentaire du fond de la lagune Adjin au cours de ces dix dernières années. Elle permettra de mieux comprendre les processus de transformations morphologiques à travers l'analyse des cartes bathymétriques et maîtriser le procédé de remaniement de sédiments de ladite lagune. Ensuite de déterminer les zones d'engraissement (dépôt), d'érosion et connaître le bilan sédimentaire par la superposition des cartes bathymétriques des années 2008 et 2018. Préserver ce milieu et ses ressources vivantes constitue un enjeu de gestion durable. Il est donc d'une importance capitale tant écologique, économique et sociale de comprendre le fonctionnement de ce milieu pour mieux le gérer.

II. ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La lagune Adjin est située dans la région des lagunes entre 5°21' et 5°30' de latitude Nord et 3°45' et 3°57' de longitude Ouest. Avec une superficie de 20,2 km², la lagune Adjin fait partie du grand système lagunaire Ebrié et alimentée en eau douce par le fleuve Mé et les rivières Djibi et Bété.

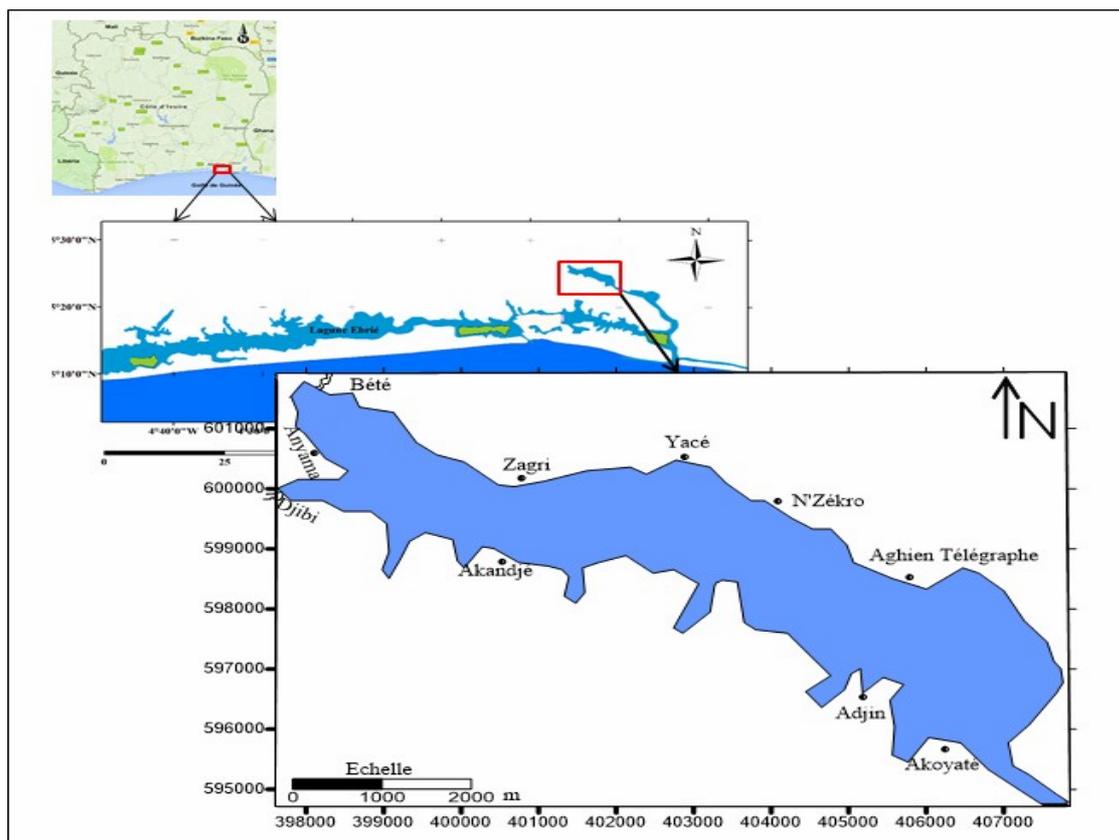


Figure 1 : Localisation géographique de la lagune Adjin

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Principe de fonctionnement de l'échosondeur

Des levés bathymétriques ont été effectués en Février 2018 en lagune Adjin afin de connaître la morphologie du fond. Ces levés consistent à mesurer la profondeur. Les mesures ont été effectuées d'une rive à une autre suivant des radiales de sorte à couvrir toute la surface de la lagune Adjin. L'échosondeur de type Lowrance, modèle bugelhaterung HDS 9 a été utilisé pour faire les différents levés. Le signal acoustique est émis à l'extérieur du navire par le transducteur à large ouverture (typiquement à 30° et plus) et réfléchi par le fond puis enregistré (Figure 2). Connaissant la célérité moyenne du son, la mesure du temps de parcours permet d'accéder à la profondeur minimale entre l'émetteur/récepteur et le fond. Les sondeurs mesurent l'intervalle de temps $f\check{c}t$ qui sépare l'émission d'une impulsion de celui de la réception de l'écho. La célérité C des ondes sonores étant supposée connue (1500 m dans l'eau), la profondeur Z est obtenue de façon indirecte par la relation : $Z = C f\check{c}$.

Il s'agit de la profondeur sous le transducteur qui est ramenée ensuite au zéro hydrographique (Z_0) en lui apportant des corrections.

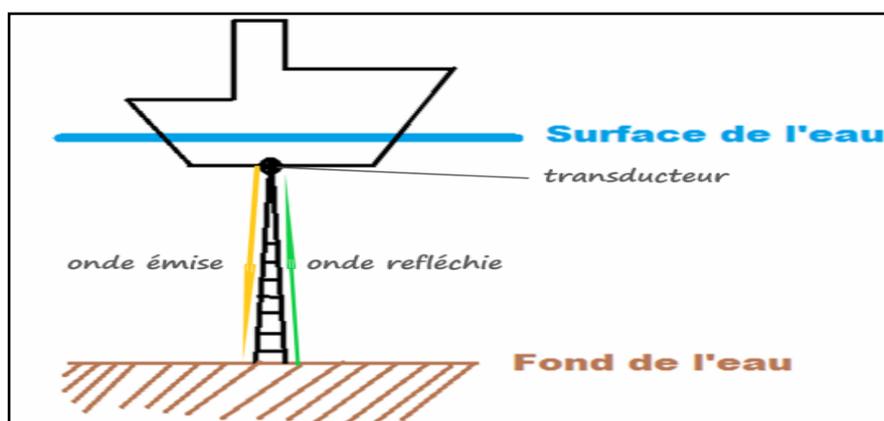


Figure 2 : Principe de fonctionnement du sondeur mono faisceau (Becker, 2012)

2.2. Evolution de la dynamique sédimentaire

L'évolution morphologique de la lagune Adjin sur une période de dix (10) ans a été effectuée par la superposition de deux (2) cartes bathymétriques de deux (2) années différentes (2008-2018). Avec le calcul de différence de profondeur à chaque point de nos cartes nous avons estimé le phénomène de comblement et d'érosion (Castaings, 2008). A l'aide du logiciel Surfer 13, cette différence de profondeur sera représentée de façon cartographique dans le but de déterminer l'intensité de sédiments comblés ou érodés dans la lagune Adjin. Après traitement de nos différentes données avec le logiciel Surfer 13, la détermination des points communs des cartes bathymétriques de N'guessan (2008) et la nouvelle (2018) nous permettra de tracer nos profils bathymétriques afin d'apprécier l'évolution morphologique, de faire le calcul du volume de sédiments déposés et érodés de la lagune Adjin.

2.3. Méthode numérique de calcul du bilan sédimentaire

Sur le rapport de volume généré par Surfer 13, le volume des sédiments érodés et déposés de la lagune Adjin sont mentionnés ainsi que le bilan sédimentaire. Il donne également la superficie des zones de dépôt et d'érosion. Le taux d'accumulation annuel est exprimé en (cm.an-1). Il résulte du rapport du volume total de sédiments déposés par la surface de la lagune Adjin affectée par la sédimentation. La valeur de ce rapport exprimé en centimètres (cm) est divisée par le temps en année (an) écoulé entre ces deux levés bathymétriques (Keffal *et al.*, 2011). Parallèlement, le taux d'érosion exprimé en (cm.an-1) est le rapport entre le volume total de sédiments érodés et la surface topographique du fond de la lagune Adjin par le nombre d'années dans le cadre de notre étude.

III. RESULTATS

3.1. Tendance évolutive de la lagune Adjin

La carte bathymétrique de la lagune Adjin obtenue par N'guessan (2008) a montré que les profondeurs mesurées sont inférieures à 13 m sur 19 km² de la lagune avec une profondeur maximale de 14 m (Figure 3). Des chenaux ont été identifiés. Le premier chenal part d'Anyama au Nord-Ouest vers le Sud-Est de la lagune. Il est profond de 14 m dans sa partie centrale et n'excède pas 6 m à son entrée Ouest ainsi qu'à sa sortie Est. Le deuxième chenal est situé dans le prolongement naturel reliant les lagunes Adjin et Potou. Il est profond de 6 m. A son entrée il est limité à l'Ouest par un haut-fond. La carte bathymétrique de 2018 montre que la profondeur maximale est de 11 m et est localisée dans la partie centrale de la lagune Adjin (Figure 4). Les profondeurs inférieures à 6 m sont localisées au Nord-Ouest et au Sud-Est. On note également des haut-fonds et une dépression.

Les haut-fonds se situent aux entrées Ouest et Est de la lagune Adjin. Ces hauts fonds caractérisent les zones d'accumulations (dépôts) de sédiments provenant des profils en « U » après superposition des profils bathymétriques (Figure 5). Quant à la dépression, elle se localise au centre de la lagune et est à l'origine de la formation des zones d'érosion provenant des profils en « V » après superpositions des profils bathymétriques des années 2008 et 2018 (Figure 6).

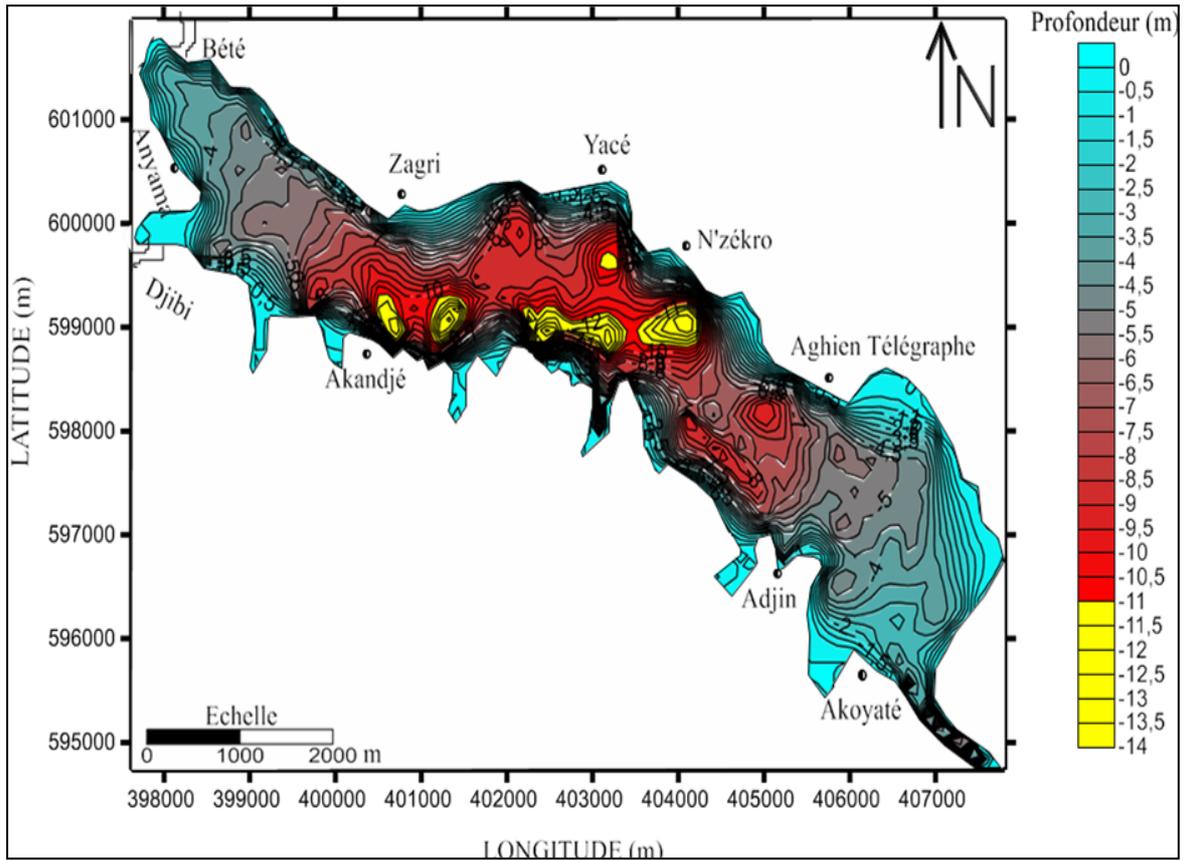


Figure 3 : Carte bathymétrique de la lagune Adjin en février 2008 (N'guessan, 2008)

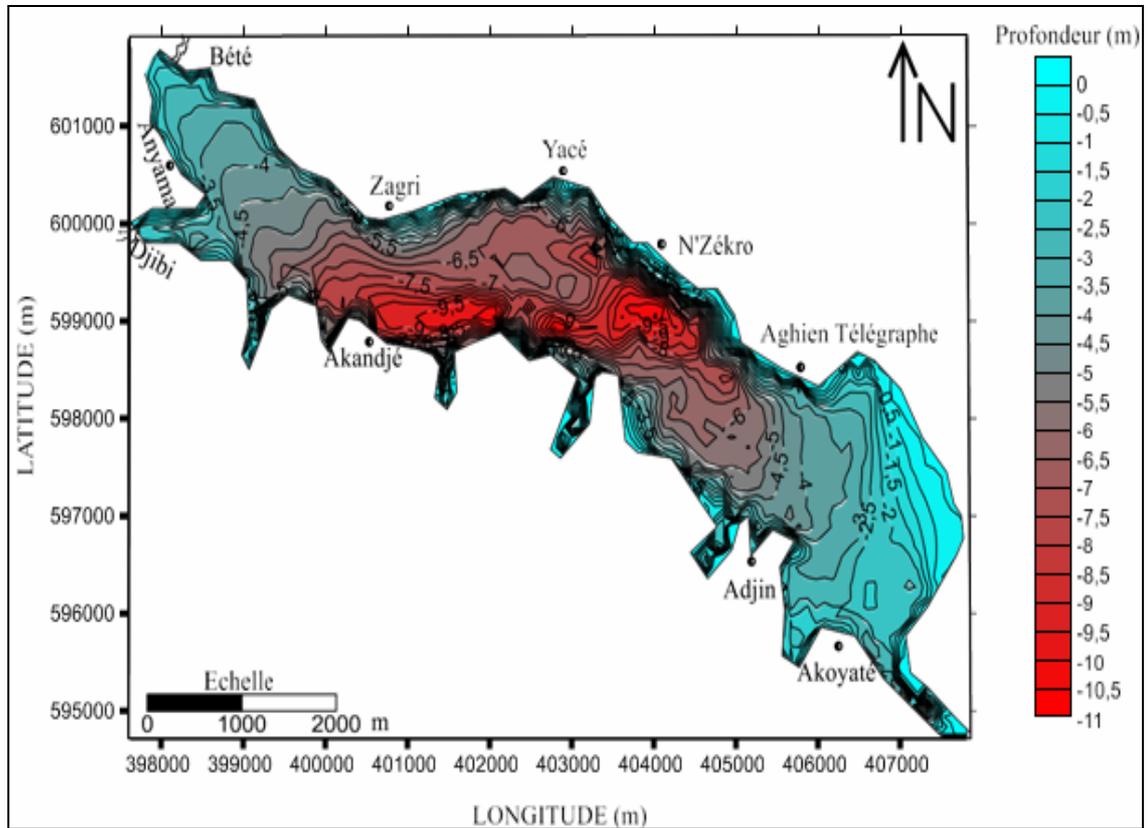


Figure 4 : Carte bathymétrique de la lagune Adjin en février 2018 (Auteur)

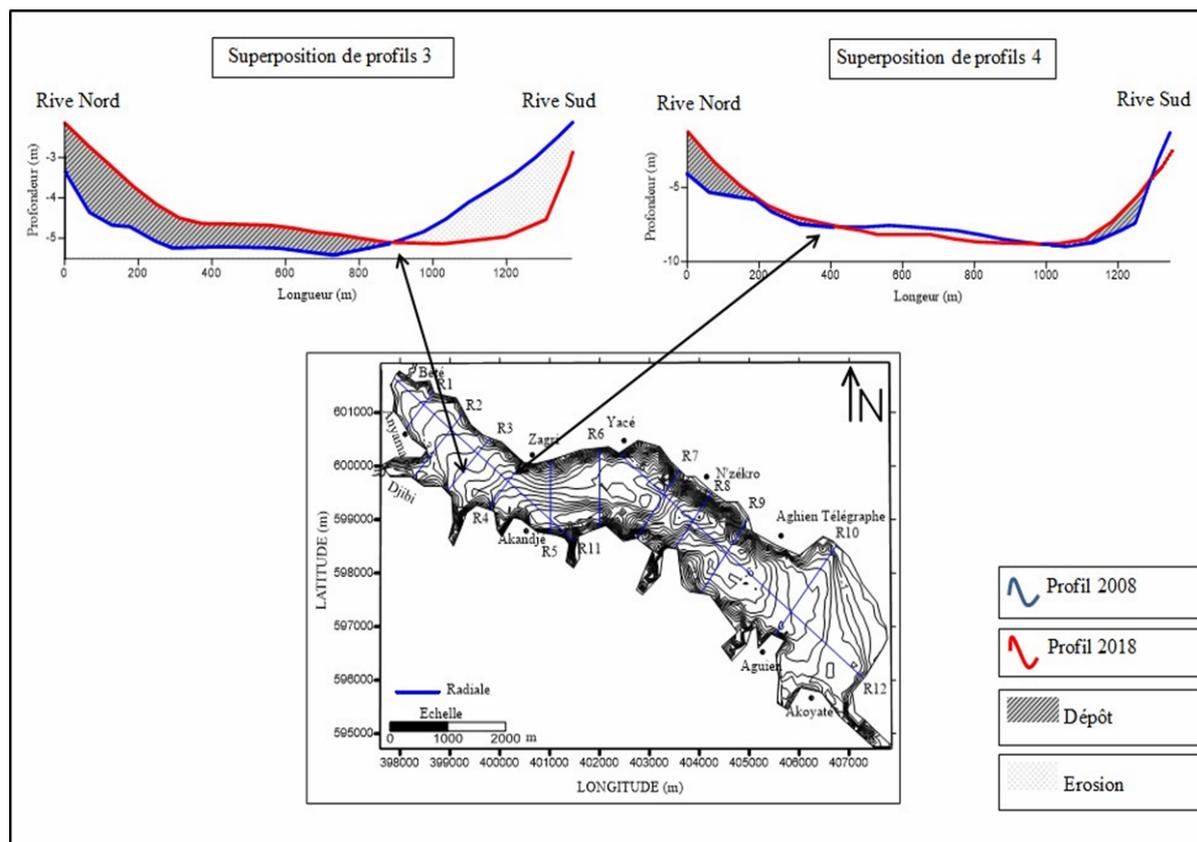


Figure 5 : Profil bathymétrique superposés de forme « U » de la lagune Adjin (Auteur)

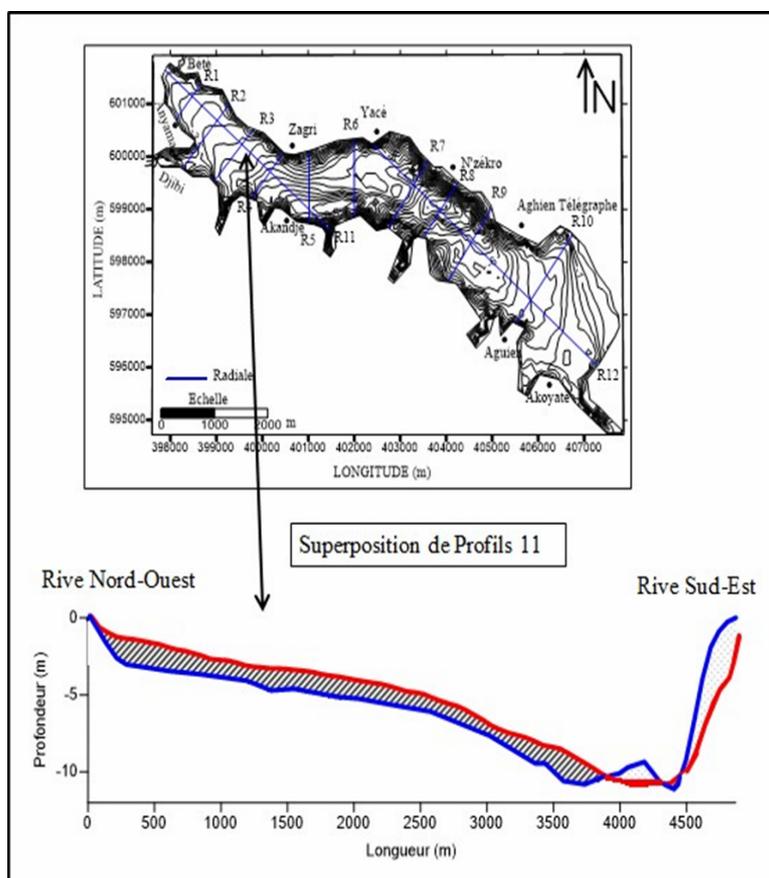


Figure 6 : Profils bathymétriques superposés de forme « V » de la lagune Adjin (Auteur)

3.2. Analyse des pentes de la lagune Adjine

L'analyse de la carte des pentes de 2008 (Figure 7) montre que les pentes sont en générales faibles et varient de 0° à $4,4^{\circ}$ sur l'ensemble de la lagune Adjine. On note que les pentes les plus élevées se localisent au Nord et au Sud entre le chenal principal et les berges de cette lagune avec une valeur maximale de $4,4^{\circ}$. On observe également des pentes élevées dans le canal reliant les lagunes Adjine et Potou. En générale les pentes sont faibles sur l'ensemble de la lagune Adjine avec un relief horizontal peu accidenté.

Par contre l'analyse de la carte des pentes de 2018 (Figure 8) et du tableau I révèle que les pentes sont en général faibles car elles sont comprises entre 0° et $3,6^{\circ}$. La variation de la couleur des teintes permet de différencier les pentes horizontales aux pentes très faibles. Cela témoigne de l'existence d'un relief moins accidenté sur toute la lagune. Les pentes de 0° à $0,3^{\circ}$ se localisent dans le chenal principal de la lagune. Sur les berges et au centre, on observe des pentes subhorizontales comprises entre $0,3^{\circ}$ et $1,2^{\circ}$. Les pentes comprises entre $1,2^{\circ}$ et 3° sont des pentes très faibles et elles se localisent au Nord et au Sud dans la zone de contact entre le chenal principal et les berges. Elles s'observent également dans le canal reliant Adjine-Potou. Les pentes faibles supérieures à 3° ne s'observent que dans une petite partie au Sud. L'analyse montre que les pentes ont subi une réduction de $0,8^{\circ}$. Les pentes varient de 0° à $3,6^{\circ}$ sur l'ensemble de la lagune Adjine. Cette différence de pente de l'ordre $0,8^{\circ}$ en 10 ans peut nous permettre d'affirmer que la lagune Adjine connaît des comblements importants par endroits.

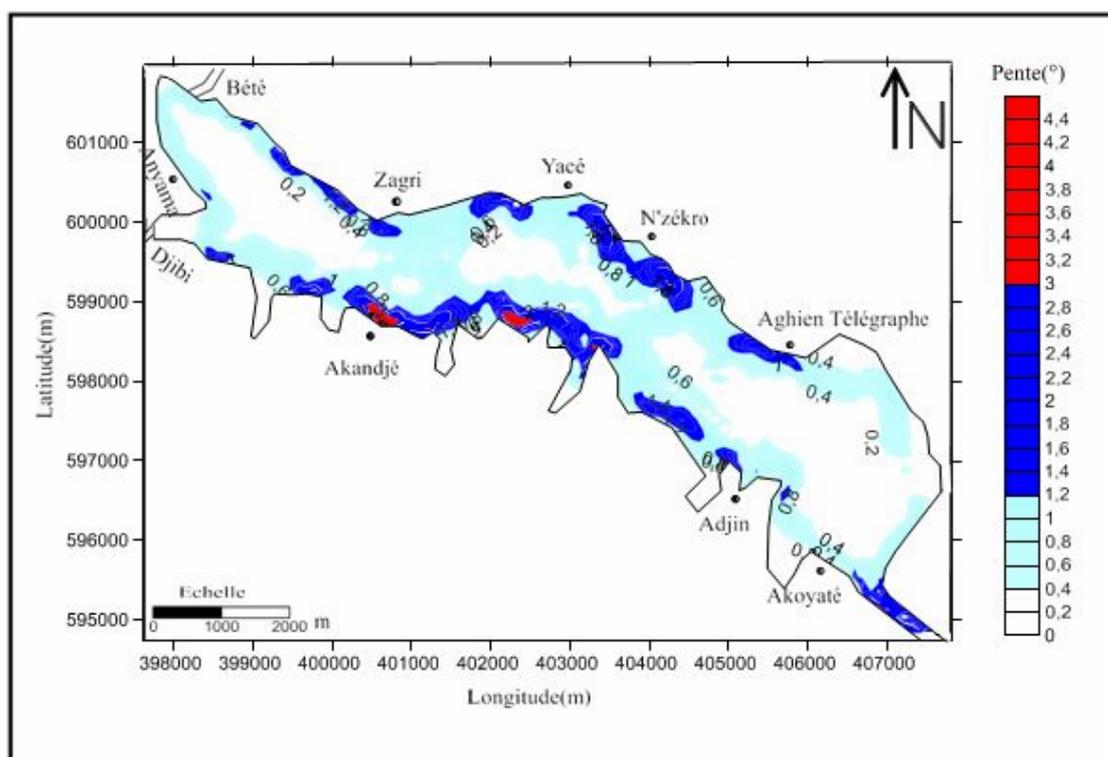


Figure 7 : Carte des pentes de la lagune Adjine en Février 2008 (N'guessan, 2008)

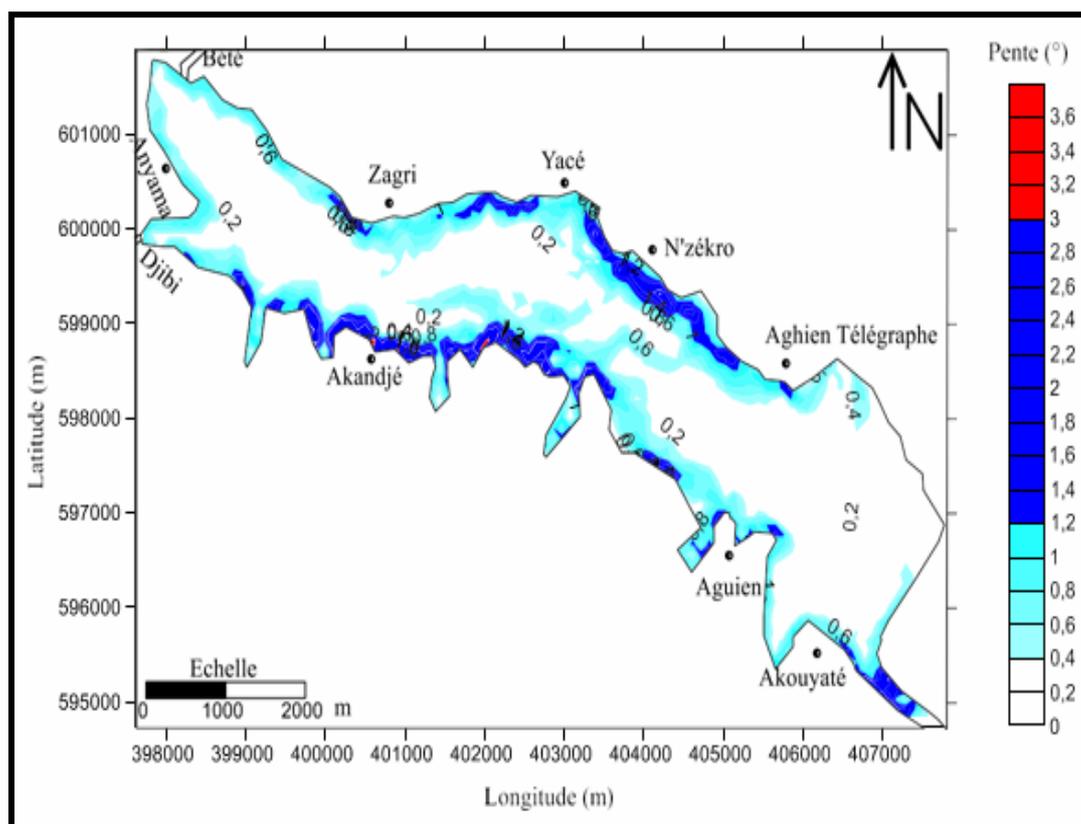


Figure 8 : Carte des pentes de la lagune Adjin en février 2018 (Auteur)

Tableau I : Classification des pentes de la lagune Adjin en février 2018 (Auteur)

Zones	Pentes (°)	Typologies
Chenal	0 – 0,3	Très faibles
Alentours	0,3 – 1,2	Subhorizontale
Entrée Nord	1,2 – 3	Modérée
Intérieure	0 - 0,4	Horizontale
Sortie Sud	1,2 – 3	Très faible

3.3. Bilan sédimentaire de la lagune Adjin

La carte résiduelle (épaisseur des mouvements sédimentaires) traduit une répartition hétérogène des sédiments dans la lagune (Figure 9). L'épaisseur des sédiments déposés et érodés varie entre 0 et 6 m. En outre, le volume de sédiments déposés est environ +3,42 hm³ sur 12,3 km². Durant la même période, la lagune Adjin a subi aussi un phénomène d'érosion. Cependant, les berges sont soumises soit par l'érosion ou par l'effet de dragage entraînant un déficit sédimentaire de -1,65 hm³ sur 7,9 km². Le budget sédimentaire résultant est +1,77 hm³. Le taux de sédimentation ou la vitesse de sédimentation qui en résulte serait environ 2,7 cm/an.

(m)

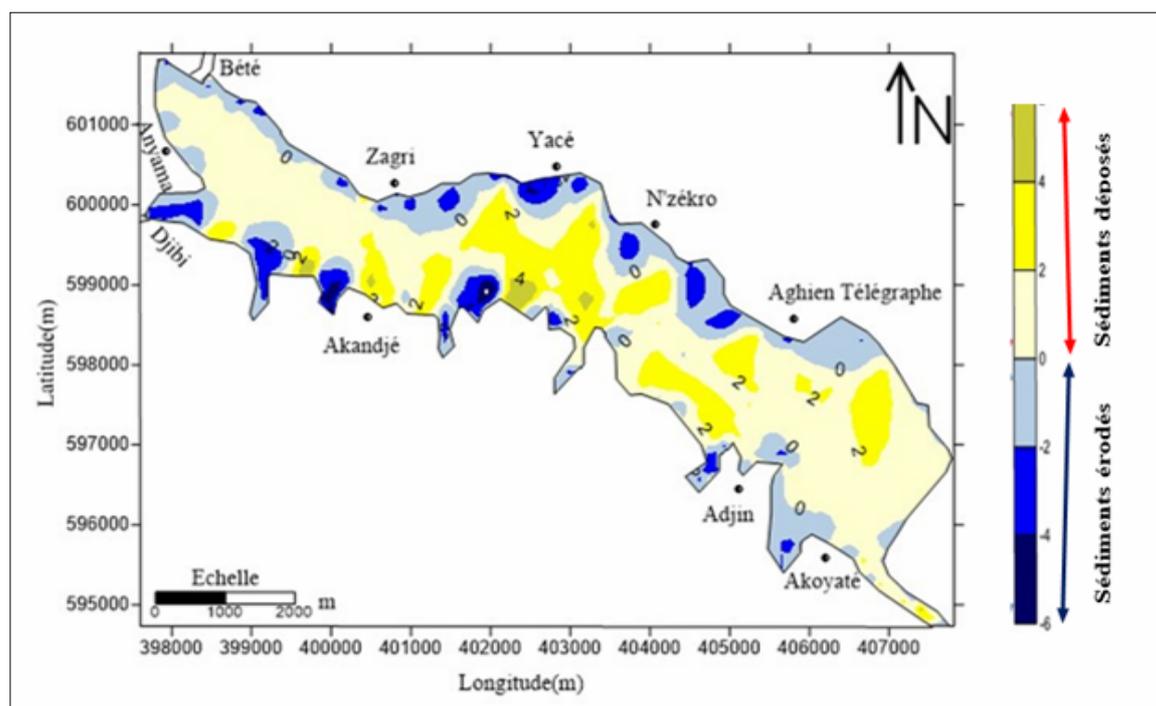


Figure 9 : Epaisseurs des mouvements sédimentaires dans le chenal de la lagune Adjin entre 2008 et 2018 (Auteur)

Le tableau II présente les volumes et surfaces de sédiments qui ont subi un dépôt ou une érosion pendant cette période.

Tableau II: Volumes des sédiments dans la lagune Adjin entre 2008 et 2018 (Auteur)

Sédiments	Volumes (Hm ³)	Surfaces (Km ²)
Dépôts	+ 3,42	12,3
Erodés	- 1,65	7,9
Budget	+ 1,77	20,2

IV. Discussion

4.1. Tendance morphologique

L'analyse de la carte bathymétrique récente réalisée a révélé que les profondeurs de la lagune Adjin varient de 0 à 11 m sur une surface de 20,2 km². La profondeur moyenne est de 3,80 m et la profondeur maximale est de 11m. Les profondeurs élevées (> 4 m) se localisent dans la partie centrale de la lagune Adjin. Les faibles profondeurs de 0 à 4 m sont localisées au Nord-Ouest à proximité d'Anyama et au Sud-Est. Sur le modèle numérique de terrain on observe la prépondérance de hauts fonds et de dépressions. Les hauts fonds caractérisent des secteurs difficiles à la navigation et traduisent une sédimentation très calme. Les dépressions représentent des secteurs propices à la navigation et des profondeurs très élevées allant jusqu'à 11m. Nos résultats montrent que les modifications de profondeur et de morphologie au cours de ces dix ans pourraient s'expliquer par les nombreux dépôts de sédiments provenant des rivières Djibi et Bété. Ces résultats confirment ceux de Ettien (2014) selon lesquels le bassin de la Djibi est logé sur le sédimentaire où recèle d'importantes nappes à caractère hydrologique. Ces nombreux changements pourraient également s'expliquer par la forte urbanisation des villes se trouvant à proximité de la lagune Adjin. Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par Yao *et al.*, (2015) qui indiquent que l'urbanisation galopante contribue à réduire les zones d'infiltration des eaux. Egalement des sédiments provenant des eaux de ruissellement des activités domestiques et de pluie. Selon Aké (2010) et Akognongbé *et al.*, 2014, l'accroissement des espaces de culture et des agglomérations engendrent une diminution progressive de l'étendue des surfaces boisées et la déstabilisation de la structure des sols. Cette dégradation du milieu accélère le ruissellement des sédiments chargés en éléments traces métalliques (ETM), engrais et pesticides provenant des activités agricoles.

4.2. Bilan sédimentaire

Les estimations sédimentaires montrent que dans la lagune Adjin le volume de sédiments déposés est environ +3,42 hm³ sur 12,30 km² estimé à 2,7 cm/an. Durant la même période, la lagune Adjin a subi aussi un phénomène d'érosion. Cependant, les berges sont soumises soit par l'érosion ou par l'effet de dragage entraînant un déficit sédimentaire de -1,65 hm³ sur 7,9 km². Les résultats obtenus par N'guessan (2008) et Kouamé (2017) dans la baie de Cocody corroborent ceux de cette étude avec quelques différences. En effet, toutes les profondeurs de 5 à 11 m rencontrées dans le chenal principal sont celles mentionnées par N'guessan (2008). Dix ans après les études de N'guessan (2008), nous pouvons affirmer que cette différence de profondeur de l'ordre de 3 m montre que le fond du chenal principal de la lagune Adjin a subi un engraissement d'une vitesse de 30 cm environ par an. Vingt-cinq années (25 ans) après les études de Tastet (1975), N'guessan (2008) a émis l'hypothèse de phénomènes d'érosion qui se seraient produits à des endroits de la lagune Potou avec une vitesse faible de 1,1 cm. Dix années (10 ans) après les études de N'guessan (2008), les profondeurs d'après nos résultats, ont diminué de 2 à 3 m environ. Ceci pourrait traduire le dépôt des sédiments issus des rivières Djibi, Bété, le fleuve Mé et de l'eau de ruissellement en provenance des rives de la lagune Potou.

V. Conclusion

Au terme de cette étude, il convient de noter que la morphologie de la lagune Adjin présente des irrégularités morphologiques considérable. L'analyse récente de la carte bathymétrique de la lagune Adjin permet de conclure que les profondeurs varient de 0 à 11 m. Les profondeurs inférieures à 11 m occupent la plus grande partie de la lagune. Le modèle numérique de terrain laisse entrevoir une prédominance des haut-fonds avec quelques dépressions dans la partie centrale et à proximité du village d'Akandjé. Les haut-fonds traduisent des dépôts de sédiments important. Ils révèlent également la présence des chenaux de forme « U » après superposition des profils bathymétriques qui confirment l'accumulation considérable de sédiment provenant des activités anthropiques, des rivières Djibi et Bété. Ils correspondent en général au prolongement sous-lagunaire des alluvions de ces rivières. Les dépressions enregistrées lors de la tendance évolutive traduisent une forte érosion de sédiment. Cette érosion de sédiments confirme la présence de chenaux de forme « V ». L'étude comparative des cartes bathymétriques de 2008 et 2018 a montré l'évolution morphologique de la lagune Adjin durant ces dix dernières années. En outre, on note un important déficit sédimentaire dans la lagune Adjin causé par l'érosion des faibles pentes enregistrées sur les cartes des pentes au niveau des berges. Le bilan sédimentaire à travers les estimations sédimentaire a montré que dans la lagune Adjin le volume de sédiments érodés est de -1,65 hm³ sur une surface de 7,9 km². La lagune Adjin a subi un phénomène de comblement ou d'engraissement pendant ce même espace de temps avec un volume de sédiments déposés estimée à +3,42 hm³ sur une superficie de 12,3 km². L'urbanisation accélérée des villes, les activités domestiques des populations villageoises, les dépôts de sédiments provenant des eaux de ruissellement des activités agricoles et des rivières Djibi ainsi que Bété sont les conséquences majeures des fortes transformations de la morphologie de la lagune Adjin.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. **Aké E. G., (2010)**. Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua. Thèse de doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 204 p.
- [2]. **Akogongbe A., D. Abdoulaye, E. W. Vissin et M. Bako, (2014)**. Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oueme à l'exutoire de Bétérou (Bénin). *Afrique Science*, vol. 10, no. 2, pp.228-242.
- [3]. **Bondy, J., (2015)**. Fonctionnement hydrologique et pollution en zone tropicale humide dans le bassin versant péri-urbain de la lagune Aghien. Rapport de stage de Master Eau, Université de Montpellier, France, 66 p.
- [4]. **Becker G. (2012)**. Analyse de précision d'un levé bathymétrique de Gravière, Mémoire. INSA, Strasbourg, 57 p.
- [5]. **Castaigns J. (2008)**. Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de Master, Université de Montpellier, 100p.
- [6]. **Eba A. E. L., Kouame K.J., Deh S., Balliet R., Touré M. (2016)**. Évaluation de la vulnérabilité à la pollution d'une eau de surface destinée à l'adduction d'eau potable d'une métropole. Cas de la lagune Agheïn à Abidjan, (Sud de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* December 2016 edition vol.12, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [7]. **Ehouman S. K., Amidou D., Djibril D.N. B. K., Koffi J.T.K., Seydou D et Droh L. G. (2014)** Bilan des apports liquides des rivières Bété et Djibi à la lagune Aghien (CÔTE D'IVOIRE). *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2018 ; 6(1) : 86-99.
- [8]. **Ettien, F. E.(2010)**. Etude de la faisabilité de l'utilisation de la lagune d'Aghien pour l'alimentation en eau du district d'Abidjan. Master, Institut Internationale d'Ingénierie d'Eau et Environnement. 2010 ; 70. Available : <http://www.laguneaghien.org/admin/biblio/2010%20-%20Ettien%20-%20Unknown.pdf>
- [9]. **Humbert J.F. (2012)**. Rapport sur la mission « lagune Aghien ».UMR Bioemco, ENS Paris, 25 p.
- [10]. **Keffal C., Effebi K.R., Ghrabi A., Jusin H., Vassel.J-M. (2011)**. Évaluation des taux d'accumulation et de production de boue dans des bassins de stabilisation sous climat méditerranéen : étude de cas en Tunisie, *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, n°1, pp 63-76.
- [11]. **Kouame A. F. (2017)**. Apports de la morphobathymétrie à la caractérisation de la dynamique sédimentaire des environnements fluviolagunaires de côte d'ivoire au cours des quatre dernières décennies (1975 – 2015). Thèse de Doctorat de 3ème Cycle. Université de Cocody- Abidjan, 209 p.
- [12]. **Monde S., Toure M., N'guessan Y. A. (2011)**. Recent geomorphological changes in Ebrié lagoon, Côte d'Ivoire, West Africa *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 2, n°9: pp1-7.
- [13]. **N'guessan Y.A. (2008)**. Analyse morphologique, sédimentologiques et paléoenvironnementale des sédiments superficiels des lagunes Adjin et Potou (zone littorale de la Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat, Université de Cocody, 148 p.

- [14]. **Noouf D., Diallo S., Tra Bi Z., Dao A. (2018)**. Effets de la dynamique du couvert végétal sur les écoulements dans le bassin versant de la lagune Aghien en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* December 2018 edition Vol.14, No.36 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [15]. **Seydou D., Zamblé A.T.B., Dabissi N., Amidou D., Bamory K., Rose K. E., Droh L.G., Serge K.E., Thierry J.K., Jean E.P., Jean-Louis P and Luc S. (2019)**. Dynamique de l'occupation du sol du bassin ivoirien de la lagune Aghien. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 1 Apr. 2019, pp. 203-217.
- [16]. **Tastet J.P. (1975)** b. Quelques considérations sur les classifications. La morphologie côtière ivoirienne. *Ann. Univ. Abidjan, (C)*, VIII, 2, pp. 135-162.
- [17]. **Traoré A. (2016)**. Impacts des changements climatiques et du changement de l'occupation et de l'utilisation du sol sur les ressources en eau de l'environnement lagunaire d'Aghien et de Potou (sud-est de la côte d'ivoire). Thèse de Doctorat de 3ème Cycle. Université de Cocody- Abidjan, 260 p.
- [18]. **Wango, T.E. (2009)**. Modélisation de l'hydrodynamisme, de la dispersion du sel et de l'eau douce dans le complexe lagunaire de côte d'ivoire Abidjan, Côte d'Ivoire : Thèse Unique, Université Cocody.
- [19]. **Yao B. A., K. I. Kouamé, K. A. Kouassi, K. Kouadio, B. T. A. Goula et I. Savané, (2015)**. Estimation de la recharge d'une nappe côtière en zone tropicale humide : cas de la nappe du continental Terminal d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal Innovation and Applied Studies*, vol. 12, no. 4, pp. 888-898.
- [20]. **Yéo épouse SORO Kandana Marthe. (2015)**. "Dynamique spatiale et temporelle des caractéristiques des eaux et des sédiments, et statut trophique du système lagunaire périurbain Adjinn-Potou (Côte d'Ivoire)," Thèse de doctorat Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 165p, 2015