

CARTOGRAPHIE MORPHO-SURFACIQUE D'UN ENVIRONNEMENT LACUSTRE DU CORDON LITTORAL IVOIRIEN : CAS DU LAC LABION

Andho Ella Gwladys ODJOHOU^{1*}, Chia Marie Reine KOKOA¹,
Abaka Brice Hervé MOBIO² et Sylvain MONDE¹

¹ Université Félix Houphouët Boigny, Filière : Géosciences des Environnements Sédimentaires et des Energies (GESE), UFR STRM, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Université Félix Houphouët Boigny, Centre Universitaire de Recherche Appliqué en Télédétection (Curat), Abidjan, Côte d'Ivoire

(reçu le 22 Octobre 2023; accepté le 23 Novembre 2023)

* Correspondance, e-mail : ellaodjohou@gmail.com

RÉSUMÉ

Le lac Labion appartient au chapelet des lacs naturels situé sur le cordon littoral Ivoirien. Cet écosystème lacustre présente à la fois un intérêt touristique et socio-économique. Toutefois, il est soumis à des pressions anthropiques et naturelles. L'objectif de l'étude vise à suivre l'évolution morphologique et surfacique du lac Labion. Le levé bathymétrique à l'aide d'un échosondeur, consiste à émettre une impulsion sonore et mesurer le temps nécessaire pour parcourir le trajet navire-fond-navire. Les données satellitaires quant à elles, sont basées sur la composition colorée, la classification supervisée, la validation de la classification, la numérisation et le rendu cartographique. Les résultats montrent au plan morphologique, un fond hétérogène (dépressions et des hauts fonds) et une prédominance de chenaux de forme intermédiaire traduisant l'équilibre entre les agents d'érosion et de dépôt. Au plan surfacique, une importante régression est observée. La superficie du lac en 1988 (557,21 hectares) baisse et atteint une valeur de 479,47 hectares en 2018 soit une perte de 77,74 hectares de la surface lacustre. Ces travaux mettent en évidence le dynamisme du lac Labion qui a tendance à se combler face aux pressions anthropiques auxquels il est confronté.

Mots-clés : *morphologie, image satellitaire, lac, évolution, surfacique, comblement, littoral.*

ABSTRACT

Morpho-surface mapping of a lake environment on the ivorian coastal strip : the case of lac Labion

Lake Labion belongs to the string of natural lakes located on the Ivorian coastal strip. This lake ecosystem is of both tourist and socio-economic interest. However, it is subject to anthropogenic and natural pressures. The objective of the study aims to follow the morphological and surface evolution of Lake Labion. The bathymetric survey using an echo sounder consists of emitting a sound pulse and measuring the time necessary to travel the ship-bottom-ship path. Satellite data, for their part, is based on color composition, supervised classification, classification validation, digitization and cartographic rendering. The results show morphologically, a heterogeneous bottom (depressions and shoals) and a predominance of channels of intermediate shape reflecting the balance between the agents of erosion and deposition. On the surface level, a significant regression is observed. The surface area of the lake in 1988 (557.21 hectares) decreased and reached a value of 479.47 hectares in 2018, representing a loss of 77.74 hectares of the lake surface. This work highlights the dynamism of Lake Labion which tends to fill up in the face of the anthropogenic pressures it faces.

Keywords : *morphology, satellite image, lake, evolution, surface, filling, coastline.*

I - INTRODUCTION

Le cordon littoral ivoirien regorge d'une grande diversité d'hydrosystèmes dont les environnements lacustres. Ceux-ci se présentent comme de grandes nappes naturelles d'eau douce ou (plus rarement) salée, à l'intérieur des terres. Les lacs côtiers sont aussi des dépressions naturelles, remplies d'eau et sans connexion avec l'océan. Ce sont des milieux confinés et dynamiques qui présentent des caractéristiques surfaciques permettant une stratification des eaux [1]. En effet, les lacs sont d'importantes réserves d'eau pouvant servir à la production d'énergie hydroélectrique, l'alimentation en eau potable, la pêche, l'agriculture, etc. [2, 3]. Bien que les systèmes lacustres présentent une importance capitale dans le développement socio-économique, les lacs demeurent de plus en plus fragile face aux pressions anthropiques et climatiques [4]. Ainsi par exemple, ces milieux aquatiques en Afrique sub saharienne, situés dans les villes ou à leur périphérie sont des réceptacles des effluents domestiques [5], rejets industriels, eaux de ruissellement, non traités, à cause du manque d'infrastructure d'assainissement [6]. Les activités anthropiques à caractère socio-économique couplées à celles des processus naturels accélèrent la dégradation des ressources en eau de surface [7].

En Côte d'Ivoire, les travaux de [8 - 11] ont montré que ces eaux, charriant toutes sortes d'éléments, sont sujettes au phénomène d'eutrophisation. Cette étude se propose donc de caractériser l'évolution morpho-surfacique du lac Labion. De façon spécifique, il s'agira de :

- dresser le profil hydrologique des lacs à travers l'analyse morpho-bathymétrique ;
- déterminer à l'aide des SIG (images satellitaire) l'évolution surfacique du système lacustre Labion.

❖ Géographie du lac Labion

Situé au Sud de la Côte d'Ivoire, sur la partie du littoral formé de sables quaternaires avec une côte basse, lagunaire et rectangulaire, le lac Labion présente une superficie de 480,2 hectares. Il est limité au Nord par la lagune Ebrié, à l'Est par le lac Lalié, à l'Ouest par le village Abreby (Jacqueville) et au Sud par l'Océan Atlantique (*Figure 1*). Le lac Labion est compris entre la longitude 5°13'0'' et 5°15'0'' Nord et la latitude 4°12'0'' et 4°8'0'' Ouest.

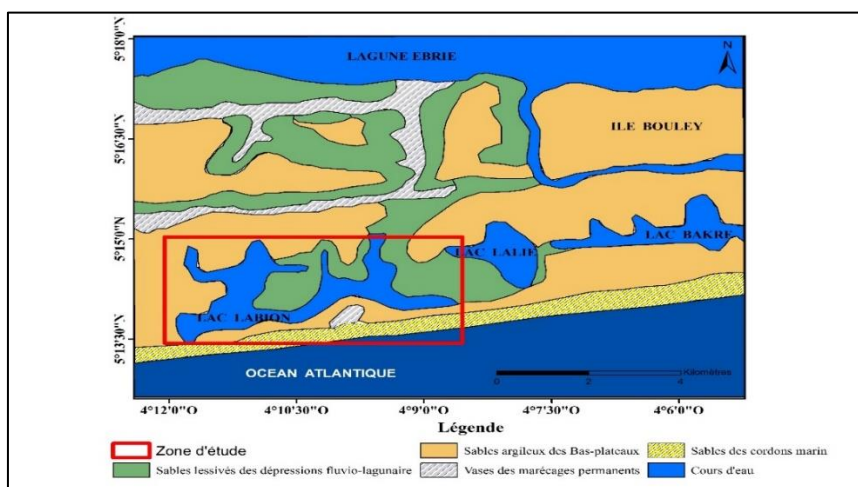


Figure 1 : Localisation du lac Labion

❖ Géologie du lac Labion

Le littoral ivoirien s'étend sur 566 km. Sur ce littoral, trois (03) zones morphostructurales se distinguent en fonction de la nature des roches [12]. Ces zones se situent entre Tabou et la frontière du Ghana. Le lac Lalié appartient à une des zones du littoral situé entre la lagune de Grand-Lahou et la frontière du Ghana. Cette partie du littoral est formée de sables quaternaires. C'est une côte basse, lagunaire et rectangulaire qui est soumise à un brusque changement de direction au niveau d'Abidjan à l'emplacement de la tête immergée du Trou-San-Fond [13].

II - MÉTHODOLOGIE

II-1. Étude bathymétrique

Les données bathymétriques ont été obtenues à partir d'un échosondeur (transducteur + unité centrale) intégré d'un GPS (Plan de *Positionnement* des sondes) et monté à la coque d'une pirogue. Celui-ci explore le fond en émettant une impulsion sonore au travers d'un faisceau dirigé selon la verticale du navire et mesure le temps nécessaire à ce signal pour parcourir le trajet navire-fond-navire. Ainsi, 11903 points de sondes (*Figure 2*) sont réalisés auxquels s'ajoutent 898 points de contour pour un total de 12801 sondes bathymétriques.

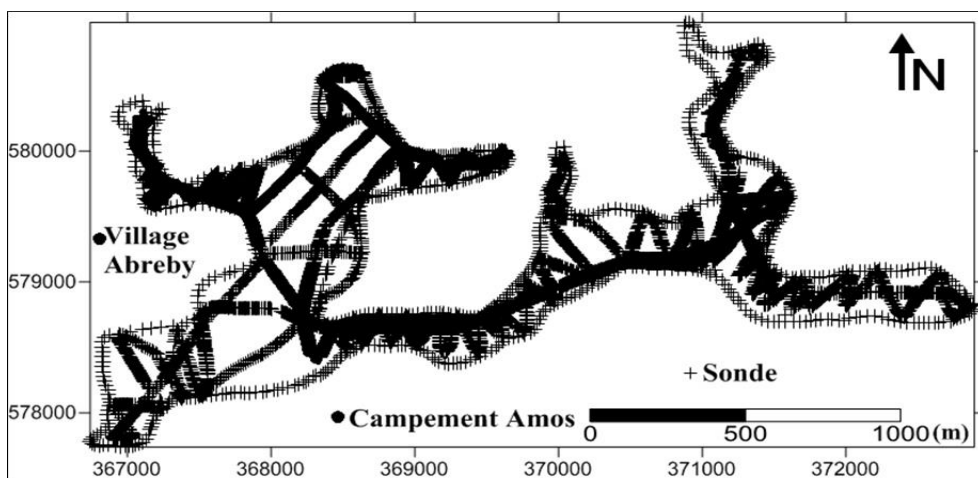


Figure 2 : *Positionnement des sondes bathymétriques*

Le traitement des sondes et la réalisation des cartes bathymétriques se fait en trois (03) étapes essentielles à savoir la création d'un fichier de données XYZ à partir de données de profondeur d'immersion du transducteur, puis la création d'un fichier Grid et enfin la création de fichier des isocontours.

II-2. Étude dynamique

Le suivi de la dynamique des lacs du cordon littoral s'est fait à partir d'images satellitaires de moyenne résolution spatiale. Ces images permettent de bénéficier d'une grande base de données disponibles depuis les années 70 permettant ainsi un suivi régulier sur les 47 dernières années. En effet, quatre (04) images Landsat couvrant la période 1988 à 2018 issues des capteurs TM (Thematic Mapper), ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) et Landsat 8 Oli (Operational Land Imager) ont été utilisées. Les images choisies sont prises dans des conditions similaires c'est-à-dire en période sèche où le niveau de l'eau est le même et/ou la couverture nuageuse est absente [14]. Le traitement

des images satellitaires se résume essentiellement en des compositions colorées et des filtrages spatiaux. *Les compositions colorées* retenues pour faire une discrimination des types d'occupation du sol concernent pour les images TM et ETM+, les compositions 4-5-7 et pour les images Oli les compositions 5-6-7. Pour cette étude, les meilleures combinaisons colorées trouvées pour la cartographie de l'occupation du lac sont :

- pour Landsat TM et ETM+ : les compositions 4-5-3 en Rouge, Vert, Bleu ;
- pour Landsat Oli : les compositions (5-7-4) en Rouge, Vert, Bleu.

Concernant l'amélioration du contraste, on applique le rehaussement des images afin de faciliter l'interprétation visuelle. Dans une image brute, l'information est contenue dans un nombre restreint de valeurs numériques parmi les 256 possibles dont seul le rehaussement permet de ressortir. La technique de rehaussement d'image utilisée au cours de cette étude sur nos images, est le rehaussement linéaire du contraste. *Le filtrage spatial* est une opération destinée à améliorer la lisibilité des images et/ou d'en extraire certaines informations. Le principe des filtrages est de modifier la valeur numérique de chaque pixel en fonction des valeurs des pixels voisins. Un filtre est conçu pour faire ressortir ou pour supprimer des détails de l'image. Il consiste donc à déplacer une fenêtre impaire carrée de 3 x 3 ou 5 x 5, au-dessus des pixels de l'image. Pour cette étude, le filtre médian de taille 3x3 est retenu en utilisant l'outil "Convolution and Morphology" du logiciel ENVI 5.1. Celui-ci est un filtre de convolution utilisé pour atténuer des pixels isolés, d'une valeur très différente de leur entourage. C'est un filtre spatial qui calcule en chaque pixel la médiane des niveaux de gris des pixels de sa fenêtre, ce qui donnera le niveau de gris du pixel dans l'image filtrée.

III - RÉSULTATS

III-1. Évolution saisonnière de la morphologie du lac Labion

❖ *Analyse des cartes bathymétriques 2D*

En saison pluvieuse, la carte bathymétrique 2D encore appelée carte des isobathes, présente des profondeurs de -7 à 0 mètre (**Figure 3**) avec une équidistance de 0,5 m. L'aspect morphologique du lac Labion présente des dépressions (-7 m à -6m) situées en majorité dans la partie Ouest du lac et des hauts fonds (-4m à -2m) dans la partie Est. Les dépressions traduisent des conditions hydrodynamiques très agitées tandis que les hauts fonds qui se rencontrent sur la quasi-totalité du lac, traduisent des conditions hydrodynamiques assez calmes.

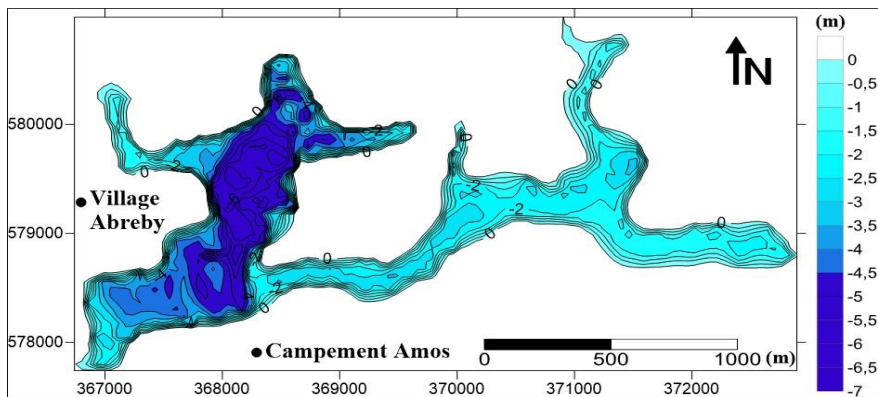


Figure 3 : Carte bathymétrique en saison pluvieuse du lac Labion

En saison sèche, la carte bathymétrique 2D mise en évidence sur la **Figure 4**, présente des profondeurs allant de -5 à 0 mètre avec une équidistance de 0,5 m. L'aspect morphologique du lac Labion met en évidence des dépressions situées au Nord-ouest et des hauts fonds dans le centre et à l'Est du lac Labion. Ces deux morfo-structures traduisent respectivement des conditions hydrodynamiques agitées et calmes.

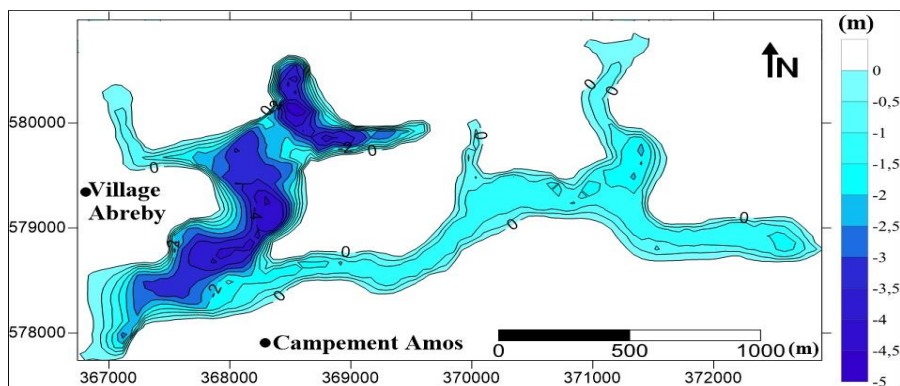


Figure 4 : Carte bathymétrique en saison sèche du lac Labion

❖ Analyse de la carte du modèle numérique de terrain

Le modèle numérique de terrain (MNT) présente deux (02) morfo-structures à savoir les dépressions et les hauts fonds (**Figure 5**). Les *dépressions* se présentent comme des cavités au sein du lac et proviennent de l'accentuation du courant. D'une profondeur de -7 m par rapport à la surface du plan d'eau, les dépressions s'observent dans la partie NE-SW du lac. Elles traduisent des conditions hydrodynamiques très agitées. Les *hauts fonds*, situés dans la partie Est du lac, sont issus de l'accumulation continue de sédiments. Ils traduisent des conditions hydrodynamiques assez calmes et présentent une hauteur de -4 m par rapport à la surface de l'eau.

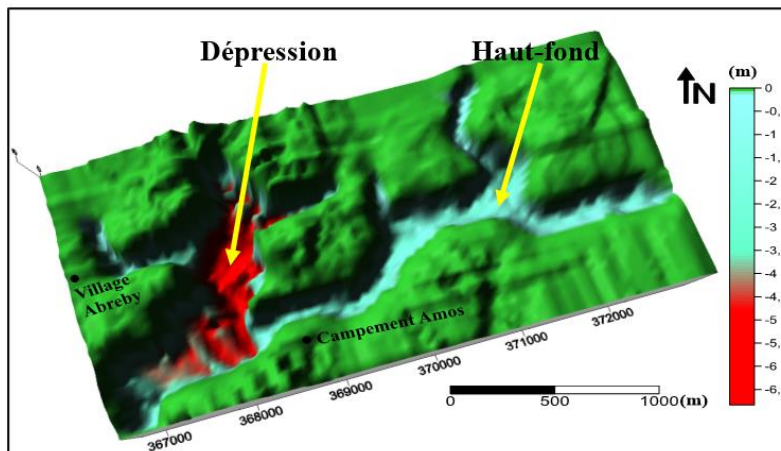


Figure 5 : Carte du modèle numérique de terrain

❖ *Dynamique morpho-sédimentaire du lac Labion*

La dynamique morpho-sédimentaire présente l'évolution morphologique du fond du lac Labion à travers les radiales orientées E-W (R1, R2, R6, R9, R11, R12, R13, R15, R17 et R18) et N-S (R3, R4, R5, R7, R8, R10, R14 et R16) (Figure 6).

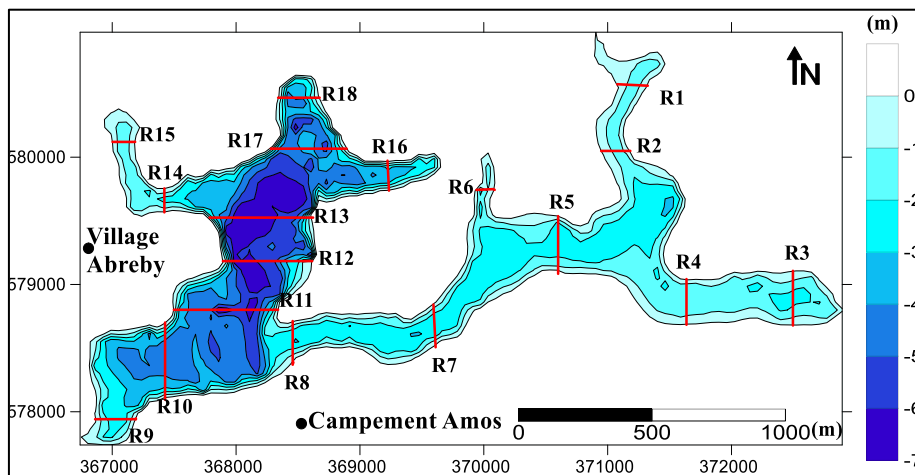


Figure 6 : Carte de positionnement des radiales sur le lac Labion

Le lac Labion présente une prédominance (77,85 %) des chenaux de type « Intermédiaire » pendant les deux (02) saisons (pluvieuse et sèche). Ces chenaux occupent la quasi-totalité du lac (profils 3-4-5-7-8-9-10-11-12-13-14-16-17 et 18). En saison pluvieuse, on constate un comblement dans le fond du chenal (Figure 7). La forme intermédiaire traduit un équilibre entre les agents d'érosion et de dépôt.

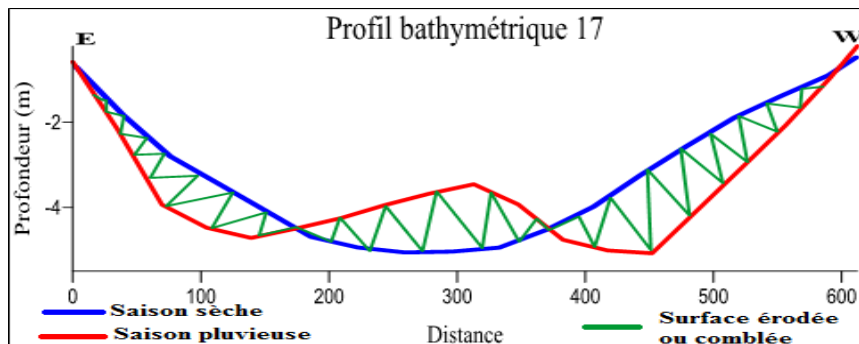


Figure 7 : *Chenaux de type « Intermédiaire »*

Les *chenaux de type en « V »* sont en minorité (22,25 %) sur le lac Labion au cours des deux (02) saisons étudiées (sèche et pluvieuse). Ces profils présentent une concavité à fond obtus (**Figure 8**). Seules les radiales R1, R2, R6 et R15 présentent les chenaux de type « V ». Ces profils proviennent d'une activité d'érosion intense.

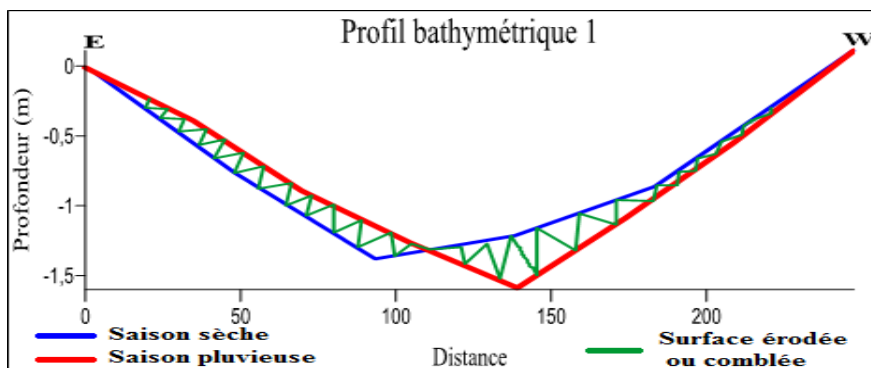


Figure 8 : *Chenaux de type « V »*

III-2. Évolution surfacique du lac Labion

❖ *Occupation du sol sur le lac Labion de 1988 à 2018*

Les **Figures 9, 10, 11, 12, 13** et **14** mettent en évidence l'évolution de l'occupation des sols du lac Labion sur la période de 1988 à 2018. La précision globale est de 97,54 % pour un coefficient Kappa de 0,96. L'analyse de l'occupation des sols du lac Labion montre que le bassin versant de celui-ci est occupé par les cultures pérennes, les forêts marécageuses, la mosaïque jachère / culture annuelle (MJCA), les habitats, les sols nus et les plans d'eau. En 1988, l'évolution de la MJCA et les forêts marécageuses ainsi que les cultures pérennes et les plans d'eau est quasi-identique. En effet, la MJCA et les forêts marécageuses occupent respectivement une superficie de 875,98 ha et

828,17 ha tandis que les cultures pérennes et les plans d'eau occupent une superficie de 674,69 ha et 557,94 ha. Quant aux habitat et sols nus, ils s'occupent une superficie de 208,89 ha. En 2000, le constat est autre. Seule la culture pérenne occupe une importante superficie (1313,62 ha) du lac. En 2018, la culture pérenne occupe toujours une importante surface (1408,25). La superficie de la MJCA sur le bassin lacustre est de 511,84 ha tandis que celle des habitats et sols nus est de 537,62 ha. Durant ces trois (03) décennies (30 ans), s'observe un rétrécissement du lac qui passe de 557,94 ha en 1988 à 480,2 ha en 2018. Cette diminution ou encore cette perte de surface, coïncide avec la diminution de la forêt primaire, qui sont eux remplacés par l'augmentation des cultures pérennes, des forêts marécageuses et surtout des habitats et sols nus.

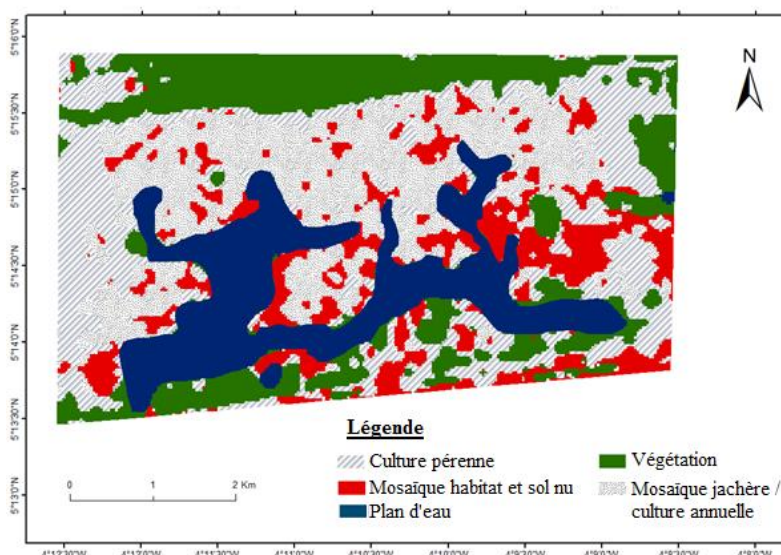


Figure 9 : Carte d'occupation du sol du lac Labion (1988)

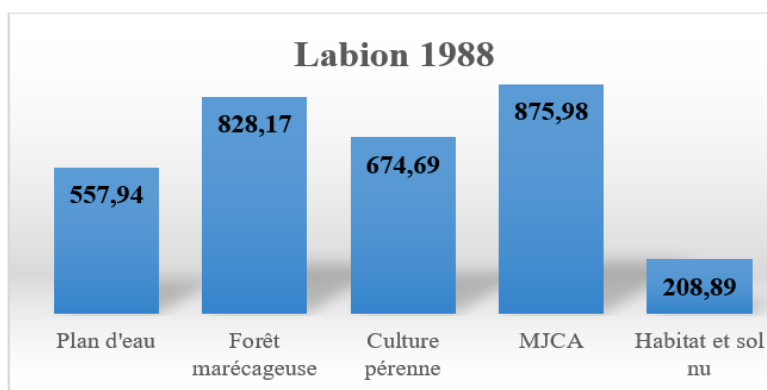


Figure 10 : Superficie des occupations du sol du lac Labion en 1988

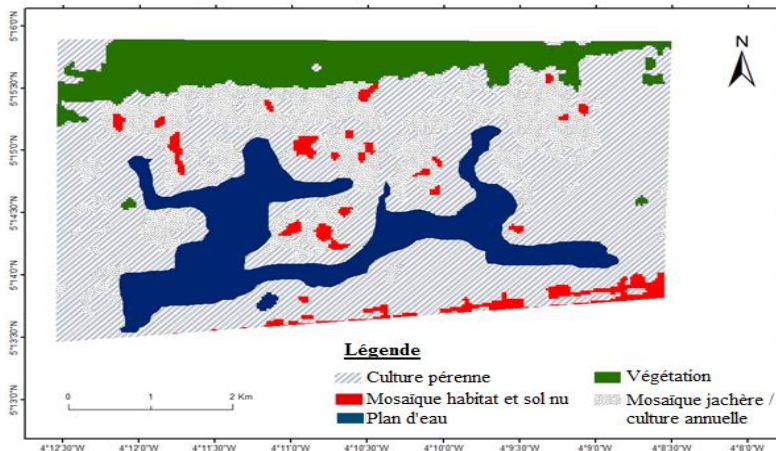


Figure 11 : Carte d'occupation du sol du lac Labion 2000

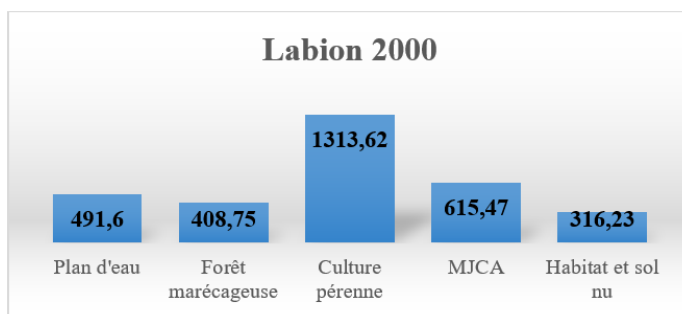


Figure 12 : Superficie des occupations du sol du lac Labion en 2000

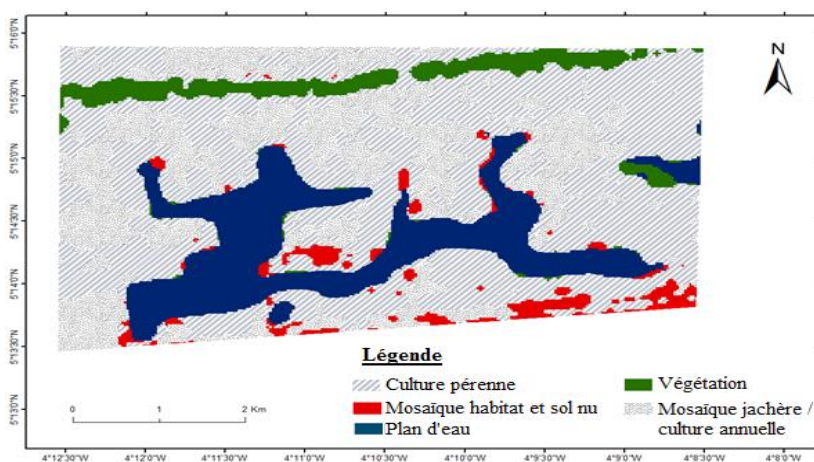


Figure 13 : Carte d'occupation des sols du lac Labion (2018)

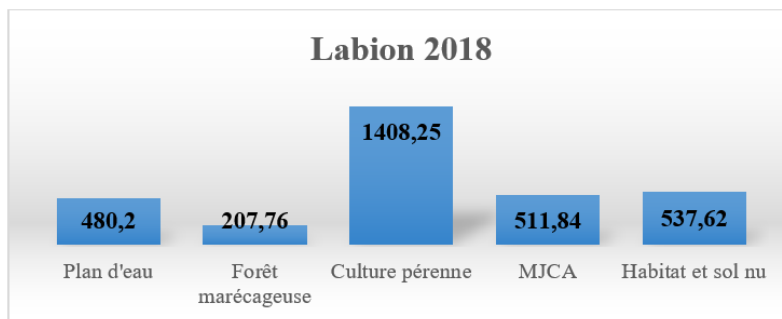


Figure 14 : Superficie de l'occupation des sols du lac Labion (2018)

❖ **Tendance saisonnière des 2018, 2000 et 1988**
 - 2018

L'évolution annuelle de la superficie du lac Labion est quasi constante pendant les différentes saisons de l'année 2018. En effet, au cours de la grande saison sèche (Février), le lac présente une superficie de 479,6 ha. Puis en grande saison pluvieuse, la superficie passe à 480,2 ha soit une légère augmentation de 0,6 ha. Quant aux petites saisons sèche et pluvieuse, la superficie est quasi identique et est respectivement de 480 ha et 480,1 ha. L'évolution annuelle ne permet pas d'apprécier le changement morphologique du système lacustre (Figure 15). Nous avons recours à une variabilité pluriannuelle de la superficie du lac Labion.

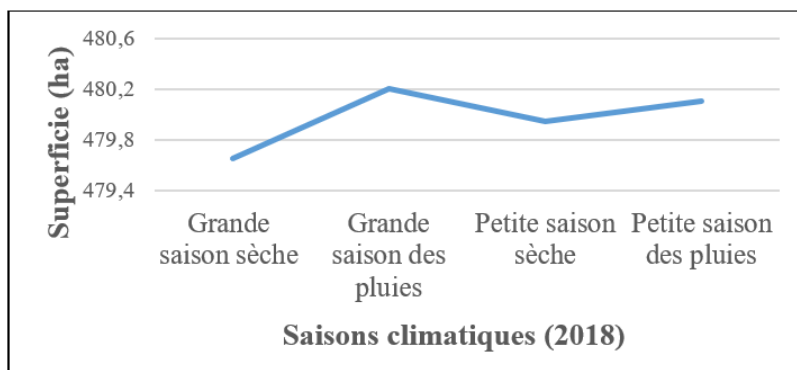


Figure 15 : Évolution surfacique saisonnière du lac Labion en 2018

- 1988 - 2000

L'évolution surfacique du lac au cours de la période 1988 - 2000 (Figure 16), présente un changement morphologique. En effet, le lac s'étendait sur une superficie de 557,21 ha en 1988. On constate ainsi un rétrécissement du lac au cours de l'an 2000 avec une superficie de 491,6 ha. Cette différence de la superficie (66,34 ha) est comblée par le couvert végétal. Le changement morphologique s'observe plus dans les parties supérieures (Nord) que dans les parties inférieures (Sud) du lac.

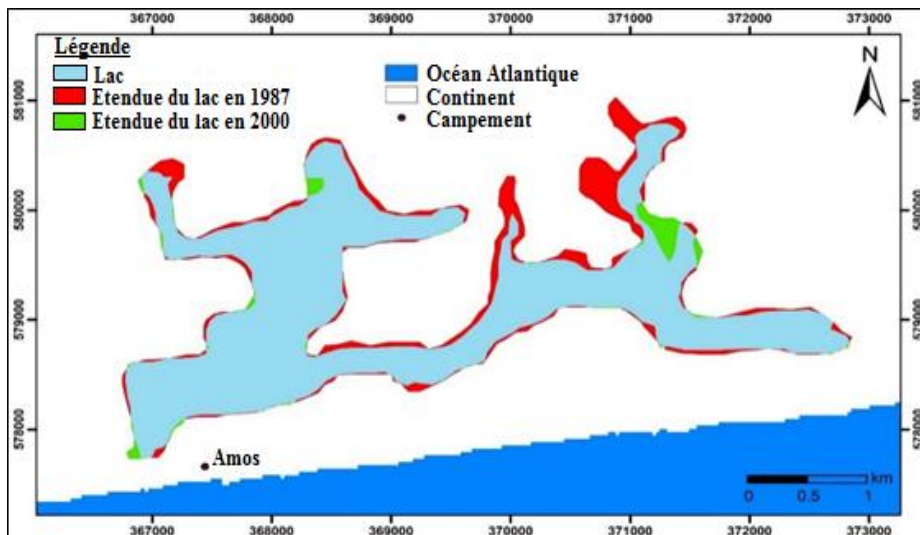


Figure 16 : Évolution du plan d'eau lacustre Labion de 1988 à 2000

❖ 2000 - 2018

La **Figure 17** met en évidence l'évolution surfacique du lac Labion sur la période de 2000 à 2018. Durant cette période, on constate une légère baisse de la superficie du lac qui part de 491,6 ha en 2000 et atteint une superficie de 479,94 en 2018. Cette perte (11,4 ha) de la superficie se fait ressentir dans les parties Ouest et Nord du lac.

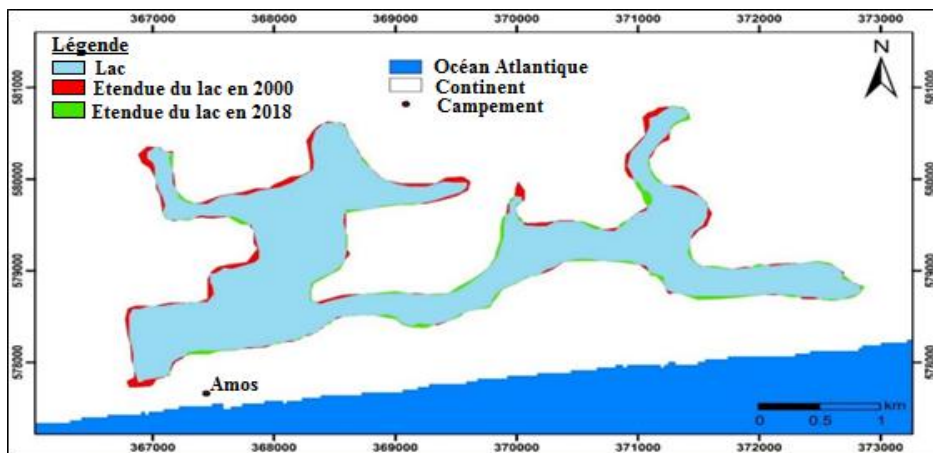


Figure 17 : Évolution du plan d'eau lacustre Labion de 2000 à 2018

❖ Synthèse de l'évolution surfacique du lac Labion de 1988 à 2018

Au cours de ces trente (30) dernières années (1988 à 2018), le lac Labion présente une grande perte de sa superficie (**Figure 18**). En 1988, la superficie

du lac est de 557,94 ha. Celle-ci baisse et atteint une valeur de 480,20 ha en 2018, soit une perte de 77,74 ha de la superficie occupé par la végétation. La partie Nord du lac enregistre la plus grande perte en surface.

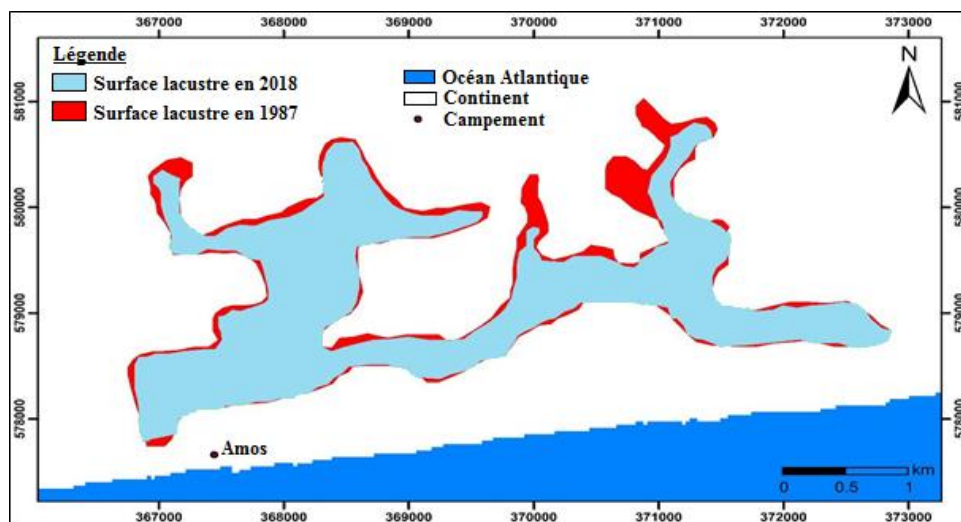


Figure 18 : Évolution globale du lac Labion de 1988 à 2018

IV - DISCUSSION

IV-1. Dynamique morpho-sédimentaire du lac Labion

Les profondeurs observées pendant les saisons pluvieuse et sèche, varient respectivement sur le lac Labion de -7 m à 0 m et de -5 m à 0 m. Cette baisse de la profondeur d'une saison à une autre est également observée sur le lac Laliè (-5m à 0m et -1,8m à 0m) [20]. L'évolution morphologique présente une prédominance (77,85 %) des chenaux de formes intermédiaire et une minorité (22,25 %) des chenaux en « V ». Les chenaux de type intermédiaire traduisent un équilibre entre les agents d'érosion et de dépôt. Ces chenaux ne présentent pas de stabilité car l'action des agents d'accumulation et ceux de l'érosion ne se compense pas [15, 16]. Quant aux chenaux de type « V », ils proviennent d'une activité d'érosion intense [9].

IV-2. Cartographie surfacique du lac Labion

Les images Landsat TM, ETM+ et Oli ont été utilisé pour suivre l'évolution surfacique du lac Labion du fait de son ancienneté (longue série, 30 ans). Par ailleurs, [17] aborde la même approche dans l'étude géomorphologique du complexe lagunaire de Nador (Maroc). Il en est de même pour les travaux de [18] sur les variations de surface de la lagune Burullus (Egypte) par

l'acquisition d'images Landsat entre 1973 et 2011. L'évolution surfacique du lac Labion présente un rétrécissement de la superficie durant la période de 1988 à 2018. Ainsi, les superficies passent respectivement de 557,94 ha en 1988 à 480,2 ha en 2018 soit une baisse de 77,74 ha. Cette perte de surface qui occasionne des changements au sein de cet écosystème lacustre, serait due aux aménagements et aux remblaiements des berges effectués au cours de cette période. Ces résultats corroborent ceux de [10] de 1955 à 2004 sur les baies de Banco et Cocody qui montre une perte de surface respectivement de 90 ha et 60 ha causé par les remblaiements. Le lac connaît donc une réduction de sa surface liée tant aux phénomènes naturels qu'anthropiques. Ces résultats confirment ceux obtenus par sur la morphodynamique littorale dans la sous-préfecture de Grand-Popo sur la dynamique fluvio-lacustre dans le Sud-ouest du Bénin [13].

V - CONCLUSION

L'objectif général de cette étude est de caractériser l'évolution morpho-surfacique du lac Labion. Par l'analyse bathymétrique et l'apport des SIG (images satellitaires), l'étude montre une diversité de fond et une tendance évolutive de la surface du lac Labion. En effet, les profondeurs obtenues varient de 0 à -5m en saisons sèche et de 0 à -7m en saison pluvieuse. Les morpho-structures observées sont les dépressions et les hauts fonds. Quant à la dynamique morpho-sédimentaire du lac, elle présente une prédominance des chenaux de type intermédiaire au cours des saisons étudiées traduisant un équilibre entre les agents d'érosion et de dépôt. Les images satellitaires Landsat permettent de suivre l'évolution spatio-temporelle du lac. Les classifications des images Landsat (TM 1987, ETM+ 2000, Oli 2018) mettent en évidence une régression sur l'ensemble du lac. L'analyse diachronique faite sur l'évolution du lac Labion montre une perte surfacique estimée à plus de 77 ha durant la période de 1988 à 2018. Cette perte de superficie s'explique par les phénomènes naturels sur le plan d'eau mais aussi par l'action de l'homme.

RÉFÉRENCES

- [1] - C. A. AKA, Caractérisation bathymétrique, hydrologique et sédimentologique d'un environnement lacustre du littoral de Côte d'Ivoire : cas du lac M'bakré. Thèse de doctorat. Univ. Felix Houphouët Boigny, (2016) 176 p.
- [2] - K. N. VEI, Suivi et évaluation de l'impact socio-temporel d'un projet d'aménagement du territoire en Afrique de l'Ouest. L'exemple du barrage de Taabo en Côte d'Ivoire. Apport de la télédétection et des SIG. Thèse de doctorat, Université de Cocody, (2005) 155 p.
- [3] - K. L. KOUASSI, Hydrologie, transport solide et modélisation de la sédimentation dans les lacs des barrages hydro-électriques de Côte d'Ivoire : cas du lac de Taabo (Cote d'Ivoire). Thèse de doctorat, Univ. Abobo-adjamé, (2007) 209 p.
- [4] - J. CASTAINGS, Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires, Rapport de phase 1, Cépralmar, (2008) 100 p.
- [5] - J. ZANDAGBA, Gestion intégrée des ressources en eau : fonctionnement hydrodynamique et qualité physico-chimique du lac Noukoué. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, (2016) 138 p.
- [6] - M. NAAH, Impact temporel développement urbain du bassin versant de la rivière Mingoa sur la qualité du lac municipal. Thèse de doctorat, Université de Yaoundé, Cameroun, (2013) 213 p.
- [7] - S. E. AW, B. Z. N'GORAN, S. SIAKA et B. PARINET, Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un système lacustre tropical : cas des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Bioscience*. 38 (2011) 2573 - 2585
- [8] - L. DOUMBIA, Variation spatio-temporelle des peuples et stratégies alimentaires de deux poissons chats africains : Schilbe mandibulaire (Günther ; 1867) et Schilbe intermedius (Rüppell, 1832), (Bassins Bia et Agneby ; Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université d'Abobo-Adjamé, (2003) 189 p.
- [9] - E. M. AMANI, Essais de modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau et de la dispersion saline dans un environnement côtier peu profond de la lagune Digboué (San-Pédro, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, (2012) 170 p.
- [10] - Y. D. ATTO, Caractérisation de la pollution et évolution de la morphologie du fond des retenues d'eau aménagées pour

- l'approvisionnement en eau potable : ces des retenues d'Adaou et de Bacon (Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, (2018) 221 p.
- [11] - Y. H. KPIDI, Evaluation de l'eutrophisation de deux lacs en Côte d'Ivoire (Bakré, M'koa) : Analyse multidimensionnelle et prédiction. Thèse de Doctorat, Univ, Nangui-Abrogoua, (2020) 199 p.
- [12] - J. ABBE, Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien (littoral d'Abidjan). Essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences naturelles. Univ. Cocody, (2005) 336 p.
- [13] - A. E. G. ODJOHOU, Profil hydrologique des lacs littoraux confinés de Jacqueville à Bonoua : Impacts de l'anthropisme sur l'évolution morphosédimentaire au cours des trois (03) dernières décennies (1988-2018). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, (2021) 299 p.
- [14] - L. AKADJE et A. C. HAUHOUOT, Analyse par télédétection des dégradations environnementales de 2000 à 2013 dans la zone Ramsar de Grand-Bassam (Sud de la Côte d'Ivoire). *Revue Scientifique Internationale de Géomtique*, Vol. 1, N°1 (2014) 33 - 40 p.
- [15] - E. ODJOHOU, A. DUFFI, J. GBOKO et S. MONDE, Incidences paléoenvironnementales de l'évolution morpho-sédimentaire du bassin lacustre Laliè dans le cordon littoral de Côte d'Ivoire. *BIOTERRE, Rev. Sci. de la Terre*, Vol. 19, N°1 (2019) 27 - 44 p.
- [16] - K. L. ADOPO, Caractérisation du fonctionnement hydro-sédimentaire d'un environnement estuarien en zone tropicale : cas de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand Bassam (sud-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, (2009) 179 p.
- [17] - A. LOUAYA et N. HAMOUNI, Apport de la télédétection dans l'étude de l'évolution morphodynamique du complexe lagunaire de Nador (Maroc) au cours des 40 dernières années. XIV^{ème} Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Toulon, (2016) 381 - 388 p.
- [18] - EL A. MOUNIR, S. H. AWAD et L. WEI-YIN, Évaluation de la réalisation intégrée d'un projet à l'aide de la notation Project Quarterback. *Journal d'ingénierie et de gestion de la construction* Tome 142, N°1 (2016), [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001015](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001015)