

Etude De L'évolution Du Trait De Côte À L'aide De L'outil Mobitc : Cas Du Littoral De Grand-Bassam

Touré Mamadou, Maître-Assistant

Ané Niamien Jean N., Doctorant

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de géologie marine, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Tiémélé Jacques André, Assistant

Kassi A. Jean-Baptiste, Maître-Assistant

Djagoua Eric M. Valère, Professeur Titulaire

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Doi: 10.19044/esj.2018.v14n18p79 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p79](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p79)

Abstract

This study proposes an assessment of the historical coastline (TDC) mobility of the Ivorian coastline, specifically the Grand-Bassam coastline (Côte d'Ivoire), and suggests reflections on the sustainable management of the coastal environment in Côte d'Ivoire, taking into account coastal erosion. The objective is to evaluate, using the MobiTC software, the spatio-temporal and statistical evolution of the morphology of the Grand-Bassam coastal zone in order to plan appropriate coastal developments. Specifically, it is to extract images on google earth, to treat them under MobiTC and to analyze the rate of spatio-temporary and statistical evolution of coastlines. To do this, data from QuickBird images provided by Google Earth from 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012 and 2016 in the study area were used. Different software was used for image processing. The ENVI 5.1 software allowed georeferencing and thresholding to make the images superimposable and highlight the baseline. The digitization of the images was done with ArcGis software. The QGIS 2.18 software was used to convert the .shp files to the mid / mif format of the MobiTC software. The latter makes it possible to understand the statistical evolution of the coastline dynamics from the creation of a baseline, the skeleton of envelopes and traces. The variations observed between 1984 and 2016 show a fattening of 0.23 m / year in some sectors and an erosion rate of 0.34 m / year in other sectors. It is noted that 62.79% of the coastline is accretion and 37.21% is eroding.

Keywords: Coastal erosion, coastline, MobiTC, Grand Bassam, Côte d'Ivoire

Résumé

Cette étude propose une évaluation de la mobilité historique du trait de côte (TDC) du littoral ivoirien, précisément la ligne de côte de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire), et suggère des réflexions sur la gestion durable de l'environnement côtier en prenant en compte l'érosion côtière. L'objectif poursuivi est d'évaluer, en utilisant le logiciel MobiTC, l'évolution spatio-temporelle et statistique de la morphologie de la zone côtière de Grand-Bassam en vue de prévoir des aménagements côtiers appropriés. Spécifiquement, il s'agit d'extraire des images sur google earth, de les traiter sous MobiTC et d'analyser les taux d'évolution spatio-Temporaire et statistique des TDC. Pour ce faire, des données issues des images QuickBird fournies par Google Earth de 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012 et 2016 de la zone d'étude ont été utilisées. Différents logiciels ont été utilisés pour le traitement des images. Le logiciel ENVI 5.1 a permis le géoréférencement et le seuillage afin de rendre superposable les images et de mettre en évidence la ligne de base. La digitalisation des images s'est faite avec le logiciel ArcGis. Le logiciel QGIS 2.18 a servi à convertir les fichiers .shp en format mid/mif du logiciel MobiTC. Ce dernier permet de comprendre l'évolution statistique de la dynamique du trait de côte à partir de la création d'un ligne de base, du squelette des enveloppes et des traces. Les variations observées entre 1984 et 2016 montrent un engraissement de 0,23 m/an sur certains secteurs et un taux d'érosion de 0,34 m/an sur d'autres secteurs. On note que 62,79 % du littoral est en accrétion et 37,21% est en érosion.

Mots clés : Erosion côtière, Trait de côte, MobiTC, Grand-Bassam, Côte d'Ivoire

Introduction

Le processus de recul du trait de côte (TDC) est un phénomène naturel qui affecte plus de 70% des plages de la planète (Bird, 1985). En Côte d'Ivoire, à l'instar des autres pays côtiers du Golfe de Guinée, le littoral est confronté aux grands problèmes environnementaux, tant d'origine naturelle qu'anthropique et l'érosion côtière en est une illustration, (Hauhouot, 2008 ; Touré, 2009 ; Konan, 2012 ; Yao *et al.*, 2010). En outre, cette zone est sujette à divers agressions notamment les pollutions de tout genre et élévation du niveau marin. Face à cette agression, les populations du littoral, surtout les collectivités locales, vont se préoccuper de la dynamique du trait de côte et chercher à la connaître.

L'utilisation de l'imagerie satellitaire dans l'analyse de la cinématique du trait de côte a fait l'objet d'études antérieures (Wognin *et al.*, 2013 ;

Hauhout, 2014 ; ...). Depuis peu, la dynamique des traits de côte est analysée à l'aide des outils Digital Shoreline Analysis System (DSAS 4.3), du logiciel ArcGIS 10.2.2, et MobiTC de QGIS permettant de montrer l'évolution statistique du trait de côte.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'évolution morphologique de la zone côtière de Grand-Bassam en utilisant le logiciel MobiTC. Pour ce faire, elle se propose d'extraire les lignes de côte suite à l'analyse des images satellitaires, de traiter les données extraites sous MobiTC et enfin d'analyser les taux d'évolution spatio-temporelle et statistique des TDC.

Présentation de la zone d'étude

Le littoral de Grand-Bassam fait partie de l'étroit bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire qui recouvre 2,5 % de la superficie du territoire ivoirien. Il est situé entre les latitudes 5°12'44'' N et 5°17'30'' N et les longitudes 3°44'20'' W et 3°60'00'' W. La portion du littoral de Grand-Bassam prise en compte dans cette étude s'étend de Modest à Asséoufoué (figure 1). Ce secteur est caractérisé par une côte basse sableuse presque rectiligne qui est interrompue par l'intermittente passe de Grand-Bassam (embouchure du Comoé) et la passe permanente d'Assinie.

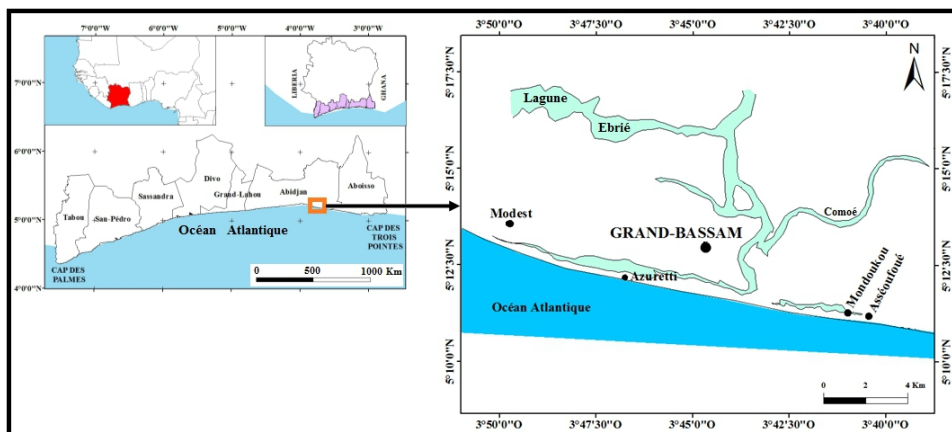


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, des images Google Earth datant de 1984 à 2016 ont été utilisées. Leur traitement s'est déroulé en quatre étapes en tenant compte des logiciels utilisés. D'abord, un géoréférencement a été effectué avec le logiciel ENVI 5.1 afin de rendre les différentes images superposables. Ensuite un seuillage a permis d'identifier grâce à une limite nette (ligne de référence) les populations de pixels représentant la zone terrestre (pixels clairs) et le domaine marin (pixels sombres). Ainsi la ligne de référence mise en évidence est la ligne instantanée de rivage.

Le logiciel ArcGIS Desktop 10.2.2 a été ensuite utilisé pour la digitalisation du trait de côte et la réalisation des cartes. Puis, le logiciel QGIS 2.18 a servi à convertir les fichiers .shp en format mid/mif du logiciel MobiTC. Ce dernier a permis, enfin, le calcul statistique des vitesses d'érosion (EPR) et des taux d'évolution (OLS) à partir des différents traits de côte extraits des images utilisées. Cet outil a pour avantage de comprendre l'évolution statistique de la dynamique du trait de côte. Cela passe par la création d'une ligne de base, du squelette des enveloppes, des traces, etc. Un pas de mesure de 10 m a été utilisé entre les différentes traces.

Afin d'évaluer l'évolution statistique du trait de côte, deux méthodes ont été utilisées : la méthode de régression linéaire (Ordinary Least Square-OLS) et la méthode des points extrêmes (End Point Rate-EPR). Le OLS (Ordinary Least Square) correspond à la valeur de pente d'une droite de régression linéaire positionnée dans le nuage de point formé grâce aux mesures de distances entre l'ensemble de tous les points d'intersection de chaque trace et des traits de côte comparés. Le End Point Rate (EPR) ou la vitesse d'érosion est calculée en divisant la distance sur une trace entre le trait de côte le plus récent et le plus ancien, par le nombre d'années séparant ces traits de côte.

Résultats

⇒ Evolution spatio-temporelle du trait de côte

*** Secteur de Modest**

La comparaison des différentes positions du trait de côte dans ce secteur montre une alternance entre l'avancée (progradation) et le recul (érosion) du trait de côte (figure 2). De 1984 à 1988 on a une érosion à l'Ouest de ce secteur et un engraissement à l'Est. Au cours des années 1988-1992, il y a un recul du trait de côte. Cela indique une érosion dans la période. Entre 1992 et 1996, on a un engraissement qui est plus marqué à l'Est. De 1996 à 2008, on a une faible variation du trait de côte avec cependant un léger engraissement entre 2000 et 2004. Pour les années 2008-2012, on observe un recul du trait de côte contrairement à 2012-2016 où la côte s'est engraisée (figure 2). L'année 1996 marque le recul le plus important du trait de côte de ce secteur du littoral.

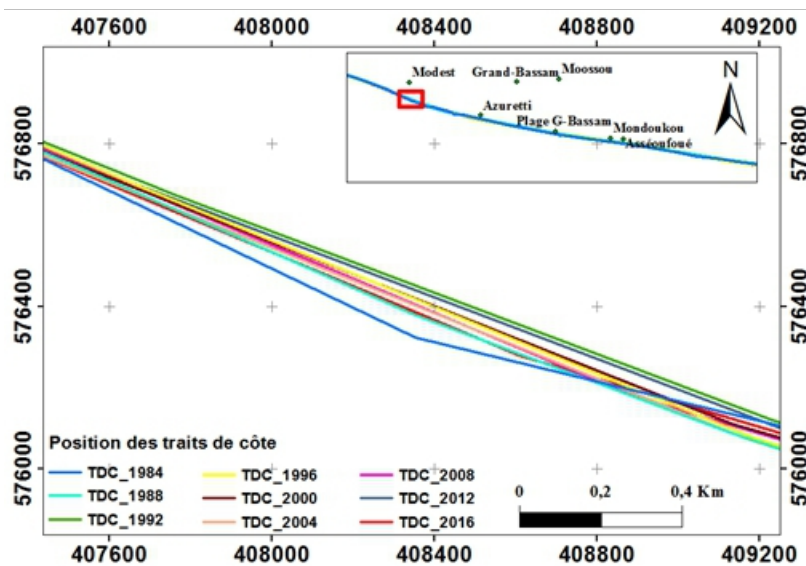


Figure 2 : Evolution du trait de côte de Modest entre 1984-2016

Secteur d’Azuretti

Dans ce secteur, l’année 1996 marque le recul le plus important du trait de côte et l’année 2016 caractérise la plus forte avancée de la côte (figure 3). Lorsqu’on compare les différentes positions du trait de côte au cours des années, on constate qu’il y a un recul du trait de côte pendant les années 1984-1988, 1988-1992 et 2008-2012. Les années 1996-2000 et 2000-2004 sont caractérisées par une certaine stabilité. Cependant, durant les années 1992-1996, 2004-2008 et 2012-2016 on a une avancée du trait de côte traduisant un engraissement dans la période (figure 3).

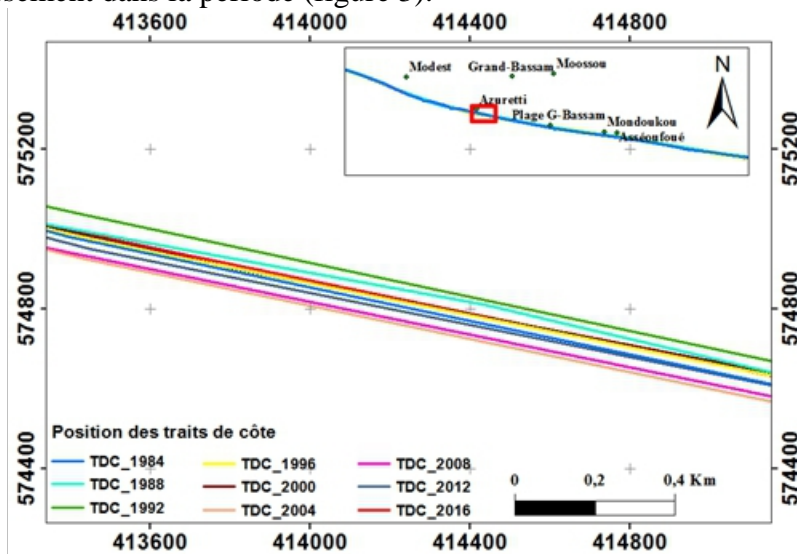


Figure 3 : Evolution du trait de côte à Azuretti entre 1984-2016

* Secteur de la plage de Grand-Bassam

L'observation de l'évolution du trait de côte dans ce secteur révèle que, contrairement aux deux secteurs précédant, le recul le plus important s'est produit au cours de l'année 2000. Le plus fort taux d'engraissement s'est fait en 1984 (figure 4). En outre, on déduit de l'évolution du trait de côte que les années 1984-1988 et 1988-1992 sont marquées par un recul du trait de côte. Ce recul est cependant moins important dans la deuxième tranche d'année. Les années 1996-2000 et 2004-2008 sont aussi caractérisées par un recul du trait de côte indiquant une érosion dans la période. De 2000 à 2004, on a un important engraissement traduit par une fort avancée du trait de côte. Cette avancée du trait de côte s'observe aussi entre 2012 et 2016. Pour les années 2008-2012, on a une érosion marquée à l'Est avec un léger engraissement du côté Ouest (figure 4).

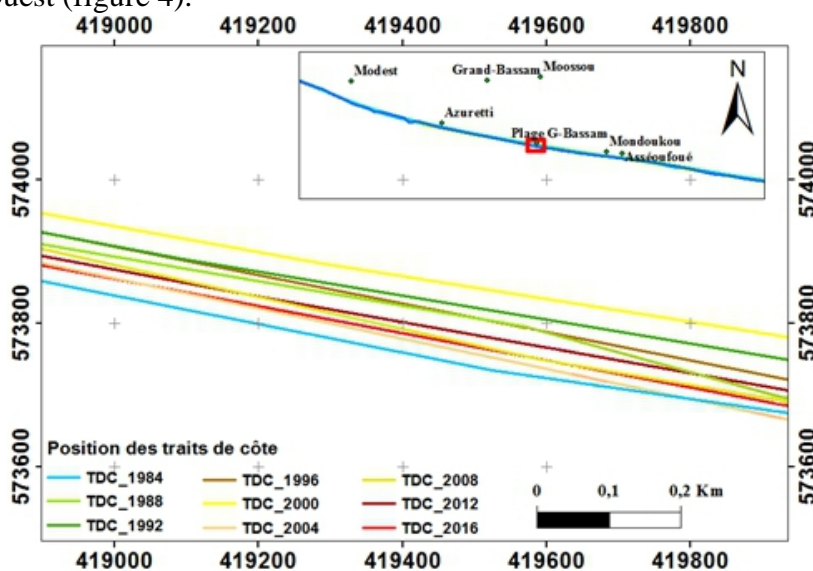


Figure 4 : Evolution du trait de côte à la plage de Grand-Bassam entre 1984-2016

* Secteur de Mondoukou

Dans ce secteur, on n'observe pas de très grandes variations dans l'évolution du trait de côte. En effet, l'écart entre le plus fort recul (année 1996) et le plus important engraissement (année 2004) n'est pas grand. En outre, à l'Est de ce secteur, les écarts sont très faibles. Cela dénote d'une certaine stabilité à ce niveau (figure 5). On déduit de la comparaison des différentes positions du trait de côte que, de 1984 à 1988, on a un recul du trait de côte, d'où une érosion. Il en est de même pour les années 1992-1996 et 2004-2008. Contrairement à ces années, il apparaît une certaine stabilité durant les années 1988-1992, 2008-2012 et 2012-2016. Il faut relever qu'entre 1996 et 2000, on a un léger engraissement à l'Ouest du secteur et une érosion à l'Est (figure 5).

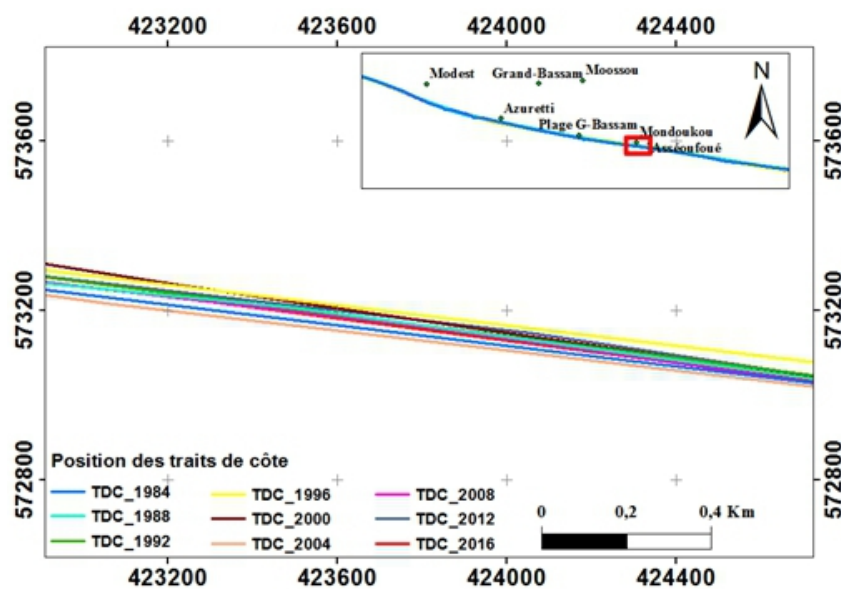


Figure 6 : Evolution du trait de côte à Mondoukou entre 1984-2016

*** Secteur d’Asséoufoué**

Dans ce secteur, on remarque qu’en dehors de l’année 2004, où on a la plus forte avancée et l’année 1996 avec le plus important recul, l’évolution du trait de côte varie très peu sur l’ensemble de la période d’étude (figure 7). On en déduit que l’année 1996 marque la plus forte érosion et l’année 2004 l’engraissement le plus significatif. Hors mis ces deux dates, l’ensemble du trait de côte de ce secteur est plus ou moins stable avec de très faibles écarts (figure 7).

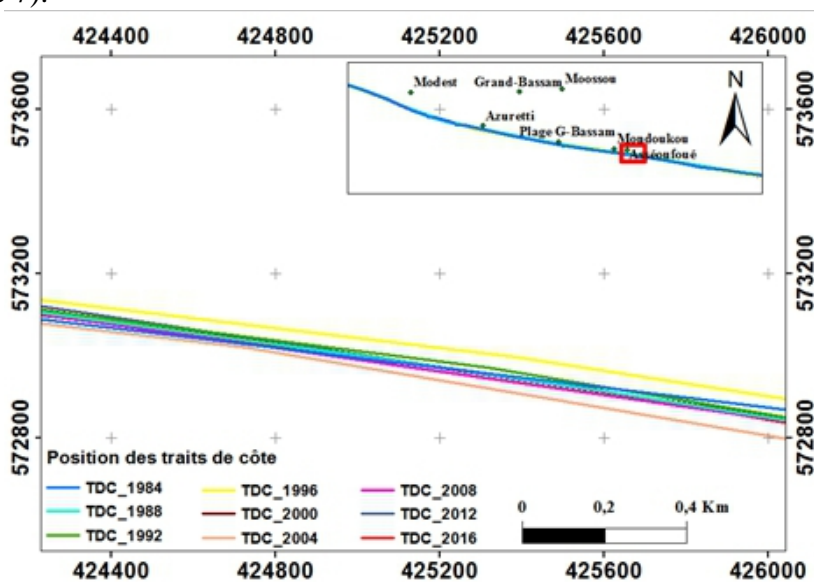


Figure 7 : Evolution du trait de côte à Asséoufoué entre 1984-2016

Le bilan de la dynamique du trait de côte sur le littoral de Grand-Bassam indique dans l'ensemble des périodes d'engraissement alternées avec des périodes d'érosion (tableau 1). Sur la période d'étude, on constate, qu'entre 1984-1992, 1996-2000 et 2008-2012, il y a une érosion avec une vitesse moyenne d'environ 3,99 m/an. Aussi, entre 1992-1996, 2000-2008 et 2012-2016, la zone est marquée par un engraissement avec une moyenne de l'ordre de +4,49 m/an. En outre, durant l'intervalle d'étude, on a des périodes de stabilité où la côte ne varie pas.

Années	Phénomène	Vitesse (m/an)
1984-1988	Erosion	-2,16
1988-1992	Erosion	-8,51
1992-1996	Engraissement	+6,34
1996-2000	Erosion	-0,95
2000-2004	Engraissement	+1,29
2004-2008	Engraissement	+2,77
2008-2012	Erosion	-4,37
2012-2016	Engraissement	+7,56

Tableau 1 : Synthèse de l'évolution du trait de côte sur le littoral de Grand-Bassam

⇒ Evolution du trait de côte estimée par le logiciel MobiTC

Selon la méthode des points extrêmes (EPR), quatre (4) secteurs, caractérisés par une alternance d'érosion et d'engraissement, ont été identifiés de Modest à Asséouffoué (figure 8). Les deux premiers et le dernier secteur présentent des vitesses d'engraissement respectives de 0,28 ; 2,65 ; et 1,65 m/an, matérialisées sur les traces cumulées 75 ; 137 et 357 avec une vitesse moyenne de 1,54 m/an. Le troisième secteur est caractérisé par une érosion avec une vitesse de -0,85 m/an sur un nombre cumulé de 254 tracés.

A partir de la méthode basée sur la régression linéaire (OLS), on identifie aussi quatre (4) secteurs caractérisés par une alternance d'érosion et d'engraissement, mais dominés par le phénomène d'engraissement avec une vitesse moyenne de 1,57 m/an (figure 9). Celui-ci est observé au niveau des traces cumulées 75 ; 137 et 357. Le secteur en minorité caractérisé par le phénomène d'érosion est matérialisé au niveau des 254 traces cumulées avec une vitesse d'érosion de -0,86 m/an.

⇒ Bilan de l'analyse statistique de l'évolution du trait de côte sur le littoral de Grand-Bassam entre 1984-2016

La Figure 10 montre un faible engraissement avec une faible érosion au niveau du secteur Modest. Entre Modest et Azuretti, on remarque un fort et faible engraissement avec une alternance d'érosion faible et moyenne. Au niveau d'Azuretti, on observe une légère alternance d'érosion et d'engraissement après lesquelles on a un engraissement généralisé de faible à

moyen avec une stabilité. Du côté de la plage de Grand-Bassam, on remarque un faible engraissement avec une érosion moyenne, les deux étant intercallés d'une zone de stabilité. On observe une érosion moyenne à faible, avec un engraissement faible au niveau de Mondoukou et Asséoufoué. Après Asséoufoué, on observe une érosion généralisée, avec un faible et moyen engraissement sur le reste de l'histogramme (figure 10).

L'ensemble des traces produites en vue de déterminer le taux d'érosion sur les côtes de Grand-Bassam a permis de dresser un bilan positif des variations, soit une moyenne de 0,34 m/an. En effet, 62,79 % du littoral est en accrétion et 37,21% est en érosion. Le taux de progradation est de 2,22 m/an et le taux d'érosion est de -2,84 m/an.

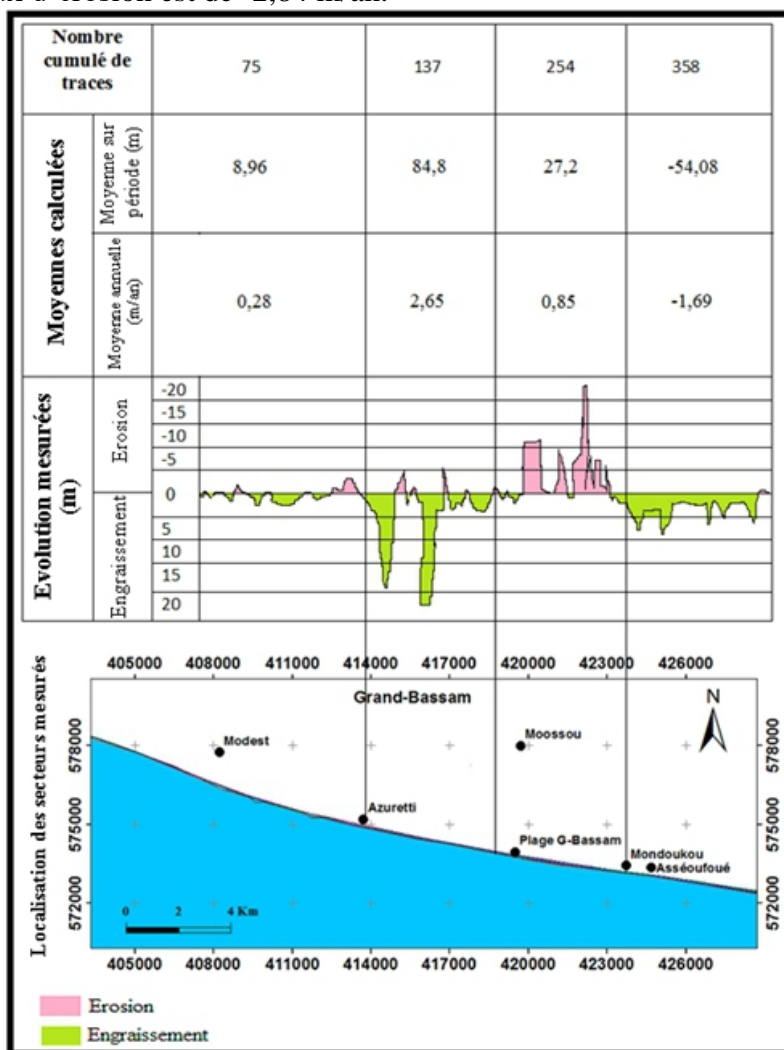


Figure 8 : Evolution des vitesses d'érosion et d'engraissement basée sur la méthode des points extrêmes (EPR)

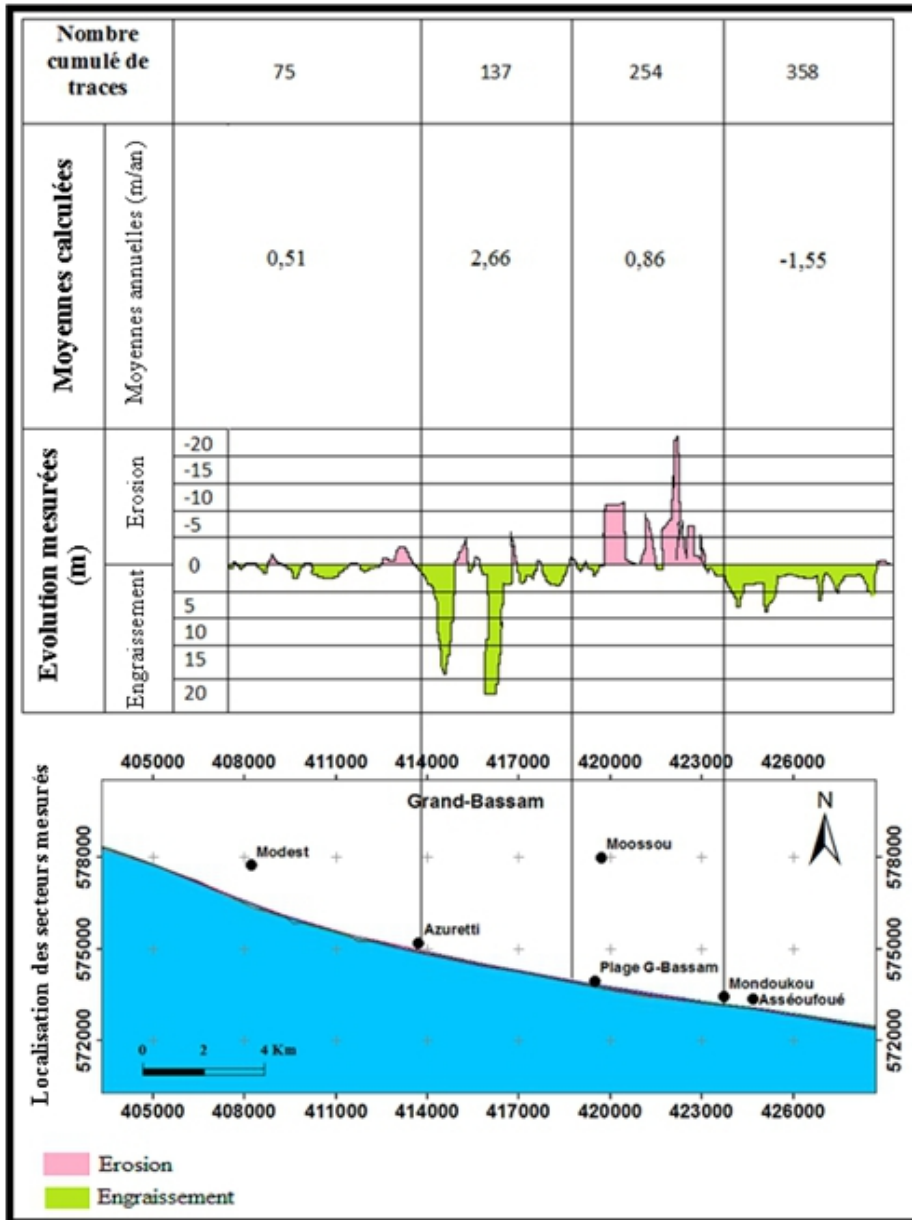


Figure 9 : Evolution des vitesses d'érosion et d'engraissement basée sur la méthode des régressions linéaires (OLS)

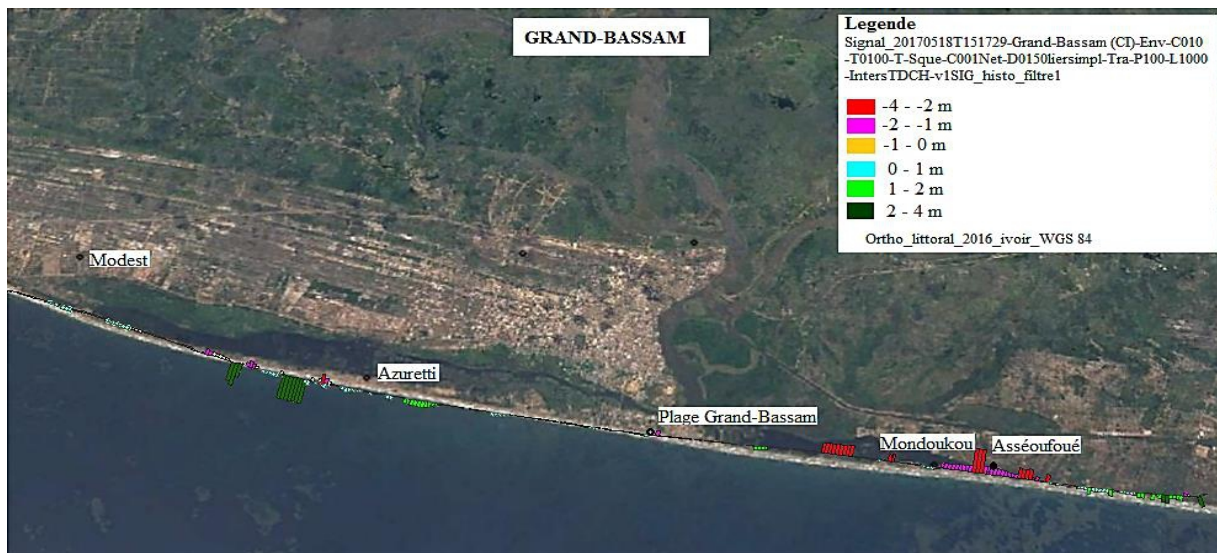


Figure 10 : Bilan de l'analyse statistique de l'évolution du trait de côte sur le littoral de Grand-Bassam entre 1984-2016

Discussion

Le suivi de l'évolution spatio-temporelle du littoral de Grand-Bassam sur la période 1984-2016 a permis de constater une vitesse de recul de l'ordre de 0,23 m/an. Cela indique un secteur faiblement érodé et plus ou moins stable. Ce résultat est confirmé par les travaux de Abe (2005) qui montrent qu'après la forte érosion de 1928 et 1956 (3,66 m/an), ce secteur connaît une stabilité relative avec une vitesse de recul inférieure à 0,3 m/an. En outre, l'étude de Hauhouot (2014), basée sur une compilation des données numériques issues d'images satellitaires et de levés topographiques au DGPS, a montré une vitesse de recul de 0,57 m/an entre 2001 et 2014. Ce résultat diffère de celui de cette étude en raison de la courte période d'étude et de la différence des méthodes utilisées.

Il a été observé sur la période de 2005 à 2006 par la méthode de levé topographique de profils de plage, un recul du trait de côte compris entre 15 et 18 mètres d'Abidjan à Grand-Bassam, soit un recul entre 1 et 2 m/an (Adopo *et al.*, 2014). Cette différence se justifierait aussi par le faible intervalle d'étude et la méthodologie utilisée.

Les résultats obtenus à partir du suivi de l'évolution statistique par l'utilisation de MobiTC indiquent un bilan en progradation de 2,22 m/an et un bilan érosionnel de -2,85 m/an. Ces résultats sont différents de ceux de Wognin *et al.* (2013) qui présentent un recul de 1,2 m/an du trait de côte entre 1989 et 2006 par la méthode de compilation de données issues des photographies aériennes, d'images satellitaires et des levés topographiques. Ici aussi, la différence serait due à la durée de la période d'étude (17 ans).

Plusieurs autres littoraux des pays du Golfe de Guinée et de la Méditerranée ont été étudiés à l'aide de l'outil MobiTC. Diallo (2012) a étudié le suivi et la cartographie de l'érosion côtière sur le littoral sénégalais. L'approche méthodologique a consisté à extraire la ligne de référence par photo-interprétation et numérisation des images. L'estimation des taux d'évolution a été faite entre les traits de côtes en utilisant des pas de mesures de 5 m entre les différents traits de côtes. Cette approche méthodologique est la même que celle utilisée dans cette étude (pas de mesure de 10 m entre les traces). Il en est de même pour Faye (2010) qui a utilisé des images Landsat pour suivre l'évolution statistique du trait de côte de la Mauritanie à la Guinée Bissau avec 5 m comme pas de mesures entre les transects. Trmal et *al.* (2012) ont étudié, à l'aide du logiciel MobiTC, trois types de morphologies côtières en Méditerranée. L'approche méthodologique a consisté à extraire la ligne de référence par photo-interprétation et numérisation des images. Ensuite, les données sont intégrées dans le logiciel qui génère automatiquement les TDC, améliore les calculs et permet de déterminer l'évolution, soit en une seule phase sur un long linéaire de côte, soit sur des morphologies de côte complexes comme les flèches sableuses ou des baies successives..

Conclusion

L'analyse des données grâce aux images satellitaires et au logiciel MobiTC a permis de comprendre la dynamique de l'évolution spatio-temporelle et statistique du trait de côte de quelques secteurs du littoral de Grand-Bassam (Modest, Azuretti, Plage Grand-Bassam, Mondoukou et Asséoufoué). Le suivi de l'évolution spatio-temporelle montre que les années 1984-1992, 1996-2000 et 2008-2012 sont marquées par une érosion avec une moyenne de -3,99 m/an sur l'ensemble de la zone d'étude. Les périodes d'engraissement s'observent entre 1992-1996, 2000-2008 et 2012-2016 avec une moyenne de l'ordre de +4,49 m/an. Il faut cependant noter que, dans le secteur d'Asséoufoué, on a une faible variation sur l'ensemble de la période d'étude due au faible écart entre les traits de côte. En outre, à Mondoukou, 2008-2012 est caractérisé par une stabilité vue le très faible écart des TDC.

L'analyse statistique révèle que, sur un ensemble de 75 traces entre Modest et Azuretti, l'EPR indique une érosion de -0,28 m/an tandis que l'OLS donne une progradation de +0,51 m/an. Entre Azuretti et la plage de Grand-Bassam, l'ensemble des 137 traces analysées donne un recul d'environ -2,65 m/an avec l'EPR et une avancée de +2,66 m/an avec l'OLS. De la plage de Grand-Bassam à Mondoukou, 254 traces ont permis d'estimer l'érosion à -0,85 m/an avec l'EPR et à -0,86 m/an avec l'OLS. L'ensemble des 357 traces analysées entre Mondoukou et Asséoufoué indique une plage en progradation pour l'OLS avec un taux estimé à +1,55 m/an. La vitesse d'érosion donnée par l'EPR est de -1,69 m/an en moyenne. Le bilan de l'analyse statistique indique

un taux de progradation de 2,22 m/an et un taux d'érosion de -2,84 m/an pour l'ensemble de zone d'étude. D'une façon générale, on constate que certains secteurs s'engraissent (62,79 %) tandis que d'autres s'érodent (37,21 %).

References:

1. ABE J. (2005). Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) : essai de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody, 197 p.
2. ADOPO K. L., AKOBE A. C., ETCHE M. A., MONDE S. et AKA K. (2014). Situation de l'érosion côtière au sud-est de la côte d'Ivoire, entre Abidjan et Assinie. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, N° 24, PP 223-237.
3. BIRD E. C. F. (1985). *Coastline changes. A global review*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 219 p.
4. DIALLO S. M. (2012). Suivi et cartographie de l'érosion côtière sur le littoral Sénégalais : Cas de la petite côte. ORSTOM Edition. 14p
5. FAYE I. (2010). Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : approche régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyses de cartes anciennes : Vol 1. Thèse de Doctorat de Géographie, l'université de Bretagne occidentale, 321 p.
6. HAUHOUOT C. (2008). Morphologie et dynamique du trait de côte en Côte d'Ivoire in géographie du littoral de Côte d'Ivoire. Eléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée. *CNRS-LETG UMR 6554, Géolittomer* (France) et IGT- Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), pp. 37-50.
7. HAUHOUOT C. (2014). Sensibilité du littoral de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire) à l'érosion marine, AHOHO, revue de géographie de Lomé, Décembre 2014, pp. 261-272.
8. KONAN K. E. (2012). Etude morpho-dynamique et sensibilité aux événements "exceptionnels" du cordon littoral sableux ivoirien à l'Est d'Abidjan (Abidjan-Aforenou). Thèse Unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 206 p.
9. TOURE M. (2009). Applicabilité des mesures de protection du littoral aux Côtes Ivoiriennes. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, 184 p.
10. TRMAL C., PONS F., SABATIER F. (2012). MobiTC, outil de calcul automatique de l'évolution historique du trait de côte : exemples sur 3 types de morphologies côtières. XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg, pp. 511-519.

11. WOGNIN A. I. V., COULIBALY, A. S., AKOBE A. C., MONDE S. et AKA K. (2013). Morphologie et cinématique du trait de côte de Vridi à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Hydrology*, Vol. 21, n°1 : 1-10.
12. YAO K. S., ABE J., BAMBA S. B., KONAN K. E. et AKA K. (2010). Dynamique d'un périmètre littoral portuaire : la côte de San-Pédro, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue Paralia*, Vol. 3, pp. 2.1-2.12.