

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL HYDROLOGY

The Electronic Journal of the International Association for Environmental Hydrology

On the World Wide Web at <http://www.hydroweb.com>

VOLUME 21

2013



MORPHOLOGIE DU LITTORAL ET CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE DE VRIDI A GRAND-BASSAM (COTE D'IVOIRE) MORPHOLOGY AND KINEMATICS OF THE COASTLINE FROM VRIDI TO GRAND BASSAM (COTE D'IVOIRE)

Ama Irma Valérie Wognin

Aoua Sougo Coulibaly

Apie Colette Akobe

Sylvain Monde

Kouamé Aka

Département de Géosciences Marines UFR-STRM

Université Félix Houphouët-Boigny

Abidjan, Côte d'Ivoire

L'analyse du trait de côte sur des images satellites et des photographies aériennes, sert à cerner la cinématique du littoral à l'Est d'Abidjan, Côte d'Ivoire. A Grand-Bassam, l'érosion est continue de part et d'autre de l'exutoire du fleuve Comoé, qui reste fermé à cause d'importante quantité de sable apporté par la dérive littorale. A Vridi et Port-Bouet, la dynamique du trait de côte est fortement influencée par le canal de Vridi et les digues d'arrêt de sable qui lui sont associées. L'Ouest du canal s'engraisse avec un taux d'avancé du trait de côte d'environ 5m/an tandis que l'Est s'érode à une vitesse moyenne de 1,5 m/an. Les processus sédimentaires de la côte ivoirienne notamment les impacts des aménagements littoraux sur la dérive littorale doivent être reconsidérés afin de mieux comprendre la dynamique littorale ivoirienne. Cette étude sur la dynamique du trait de côte ivoirien a permis de délimiter les secteurs les plus touchés par l'érosion, les secteurs plus ou moins stables et ceux en engraissement.

Analysis of the shoreline on satellite images and aerial photographs is used to identify the kinematics of the coastline to the east of Abidjan, Ivory Coast. At Grand-Bassam, erosion is continuing on both sides of the Comoé river outlet, which remains closed due to large amount of sand brought by longshore drift. At Vridi and Port-Bouet, the dynamics of the shoreline is heavily influenced by the levees (groins) which tend to slow or stop the longshore drift. The western channel coastline is advancing at a rate of about 5 m/yr while the east is eroding at 1.5 m/yr. Sedimentary processes of the Ivorian coast, including the impacts of coastal development on littoral drift, should be reconsidered in order to better understand the dynamics of the coast. This study on the dynamics of the shoreline has delineated the areas most affected by erosion, areas more or less stable, and those that are growing.

INTRODUCTION

Les zones côtières ivoiriennes constituent de véritables supports de subsistance, non seulement pour les populations locales, mais aussi pour l'industrie. En effet, de vastes zones de ce littoral sont des sites importants du patrimoine touristique du pays. La gestion durable et efficace de cet espace passe par une bonne connaissance du milieu physique, en particulier des phénomènes qui le caractérisent, leurs manifestations, leurs durées, et leurs conséquences. L'érosion et la pollution contribuent pour une large part à la dégradation de ce milieu. Dans certains secteurs (Grand-Lahou, Port-Bouet et Grand-Bassam), la destruction des infrastructures (route, phare, habitat, plantation, etc.) et autres biens par la mer est quasi quotidienne (Figure 1) et spectaculaire. En outre, l'érosion modifie sans cesse la ligne de rivage avec un recul du trait de côte par endroit, de plusieurs dizaines de mètres par an. Par contre à San-Pédro par exemple, le trait de côte connaît une relative stabilité. Quelques travaux (Abé *et al.*, 1993 ; Hauhouot *et al.*, 1997 ; Wognin, 2004) estiment le recul du trait côte dans les secteurs les plus dynamiques du littoral.

La présente note est une analyse globale du dynamisme du trait de côte à Port-Bouet, et à Grand-Bassam, grâce à la télédétection satellitaire. Elle intègre les données sur le dynamisme et la nature des sédiments de plage.

AGENTS DYNAMIQUES DU LITTORAL DE COTE D'IVOIRE

Les principaux agents dynamiques responsables de la migration du trait de côte sont : la marée, la houle et la dérive littorale qu'elle entraîne. A ces forçages naturels, on peut ajouter la pression anthropique.



Figure 1. Destruction d'habitat par la mer à Grand-Lahou en janvier 2003 (Wognin, 2004).

La marée : Sur les côtes ivoiriennes, elle est de type semi-diurne à forte inégalité diurne. Le marnage varie entre 0,40 m en marées de mortes-eaux et 1,3 m en marées de vives eaux. Le niveau moyen de la mer se situe à la côte de 0,69 m (Varlet, 1958).

La houle : La houle qui déferle sur le littoral a une direction moyenne Sud-Sud-Ouest et Sud. La période varie en moyenne entre 10 et 11 secondes. Les amplitudes observées au large dépassent rarement 4m (Varlet 1958). Ces houles varient saisonnièrement avec une forte occurrence dans les mois de Mai-Juin et de faibles houles s’observent en novembre, décembre et janvier (Tableau 1). Les fortes houles de grandes amplitudes et de longues périodes sont rares. Cependant, l’on observe aussi des houles exceptionnelles de grandes amplitudes (5 m) et de longue période (20 s). Selon Bonnefille et Cormault (1964), la probabilité pour qu’une houle dépasse 2,4 m sur une durée d’observation de 60 h est de 0,002.

Tableau 1. Caractéristiques des houles sur le littoral (Varlet, 1958, Tastet et al, 1985).

Houle	Amplitude (m)	Période (s)	Direction au large	Direction à la côte	Profondeur de déferlement (m)	Fréquence annuelle (%)
Faible	0,7 - 1	10,5-11,9 7 - 8	220°N 201°N	167°N-170°N 193°N	3	30
Moyenne	0,8 - 1,5	10	203°N	198°N	3 - 4	50
Forte	1,8 - 2	20 - 10	203°N	203°N - 98°N	4 - 5	20

La dérive littorale est un transport de sable parallèlement à la côte. Elle est générée par la houle le long du littoral. Elle a une influence prépondérante sur les phénomènes d’érosion et de dépôt et donc sur la morphologie de la côte. La dérive littorale est la résultante :

- du courant guinéen, en surface avec une vitesse moyenne de 0,26 m/s ;
- et du sous courant ivoirien, avec une vitesse moyenne de 0,21 m/s (Colin, 1988)

D’une manière générale, l’obliquité de la houle par rapport à la côte engendre une importante dérive littorale de direction Ouest-Est. Tastet (1987) estime cette dérive à 800.000 m³/an de sable déplacé à l’ouest du canal de Vridi contre seulement 400.000 m³/an à l’Est.

MATERIEL ET METHODES

DONNEES CARTOGRAPHIQUES

L’étude de l’évolution du trait de côte repose sur l’analyse et la comparaison de photographies aériennes, d’images satellites et des profils de plage des secteurs étudiés. Ces profils de plage servent également de vérité terrain afin de valider les tendances évolutives déduites de l’analyse des images de télédétection. Le Tableau 2 récapitule les données utilisées.

TRAITEMENTS DES DONNEES

La méthode d’étude de la mobilité du trait de côte a consisté en la compilation de données issues des photographies aériennes, d’images satellitaires et des levés topographiques. Ces données ont été rehaussées et géoréférencées. Le traitement appliqué est une simple dilatation de l’histogramme. La composition colorée est ainsi plus contrastée pour une meilleure interprétation visuelle de l’image. Les logiciels *Erdas* imagine et *Surfer* ont servi pour le traitement des données.

Les photos aériennes numérisées, les images satellitaires et les cartes topographiques au 1/50000 sont redressées et géoréférencées par la méthode polynomiale (faire coïncider des points repérés sur les images avec des amers sur les cartes topographiques).

Tableau 2. Données cartographiques (Wognin, 2004).

Images	Grand-Bassam	Port Bouet
Photographies aériennes	1989 : CIV11/15000	1975 : CIV 87/20000 1979, 1989 : CIV11/15000
Images satellites	Image Digital globe 2008	Extrait image Digital globe 2006
Cartes topographiques	Carte des lagunes 1/50 000	Carte des lagunes 1/50 000

Les images satellitaires et photographies aériennes redressées et corrigées servent de base pour la digitalisation des traits de côte aux différentes dates. Ces traits correspondent à la limite de la terre ferme non encore attaqué par la mer. Sur l'image elle est marquée par un fort contraste entre les sables de plage et le sol. Les traits de côtes, montrés sur les photos aériennes de dates différentes, permettent d'apprécier la tendance évolutive du trait de côte.

RESULTATS

CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE A VRIDI - PORTBOUET

Sur la période de 1975 à 2008, à l'Ouest du canal de Vridi, le trait de côte a subi une avancée sur la mer de 160 m soit une vitesse moyenne de 5 m/an. Par contre, à l'Est du canal, le recul moyen est estimé à 58 m. Sur cette petite portion (environ 1,5 km) de côte étudiée, on peut, en fonction du taux de recul ou d'avancée, distinguer des zones fortement érodées, des zones plus ou moins stables ou faiblement érodées et des zones engraisées. La Figure 2 (photographie aérienne) montre l'évolution du trait de côte de 1975 et 2008.

Dynamique du trait de côte à l'Ouest du canal de Vridi

A proximité (Ouest) du canal de Vridi, la superposition des lignes de côte montre un engraissement de la plage sur toutes les périodes étudiées. Ainsi, entre 1975 et 1979, le trait de côte a avancé d'environ 21 mètres avec une vitesse approximative de 5m/an. Entre 1979 et 2008, il a avancé de 139 m, ce qui correspond une vitesse de 4,8 m/an (Figure 2a, 2b et Tableau 3). L'origine de cette avancée du rivage se trouverait dans l'ouverture du canal de Vridi et la digue de protection qui lui est associée. Le transit littoral Ouest-Est est en grande partie interrompu par la digue d'arrêt des sables provoquant ainsi un engraissement à l'Ouest du canal et une érosion à l'Est (Diabaté et al, 1994). La modification de la ligne de rivage s'accompagne de celle des fonds. En effet, le contournement de la jetée et l'effet de chasse du canal contribuent à la construction d'une flèche sous marine (Koffi, 1988).

Dynamique du trait de côte à l'Est du canal de Vridi.

A l'Est du canal de Vridi, la dynamique du trait de côte depuis les premières observations en 1957 montre une érosion aggravée ces dernières décennies, dû fait des activités anthropiques et des tempêtes.

Les zones fortement érodées (Figure 2) sont situées immédiatement à l'Est du canal. Il s'agit de la plage du Lido, du secteur de la SIR (Société Ivoirienne de Raffinerie) et du secteur de l'aéroport. Sur la période de 1975 à 1979, le taux de recul est estimé à 4,25 m/an (Tableau 4). Abbé

Tableau 3. Cinématique du trait de côte à l'Ouest du canal de Vridi.

	1975	1979	2008
1975		21 m + 5,2 m/an	160 m + 4,8 m/an
1979			139 m + 4,8 m/an

(2005) estime le retrait du trait de côte entre 1984 et 1987 à 1,9 m/an dans le secteur du Lido et 3,63m/an dans le secteur de Palm-beach entre 1984 à 1987. Entre 1979 et 1989, le trait de côte a reculé d'environ 1 m/an. Le taux moyen de recul entre 1975 et 2008 est de 1,75 m/an. La Figure 3, photographie prise en mars 2008, illustre les dégâts causés par le recul du trait de côte.

Les zones plus ou moins stables correspondent aux secteurs de Capko et du Bidet. Le secteur de Cakpo, après une forte érosion entre 1928 et 1956 dont, la vitesse était estimée à 3,66 m/an

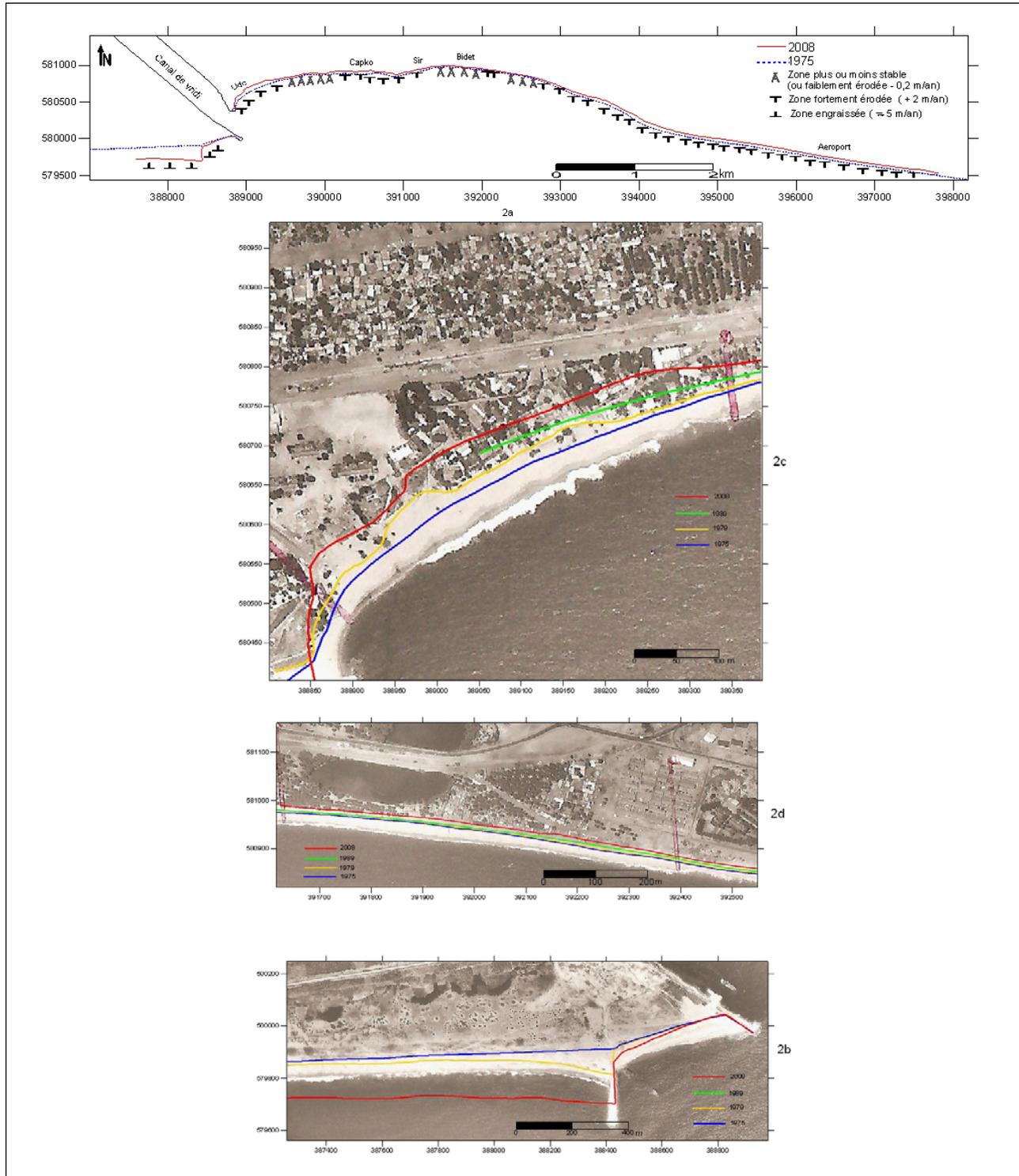


Figure 2. Cinématique du trait de côte de 1975 à 2008 à Vridi Port-Bouet.

Tableau 4. Cinématique du trait de côte de la plage du Lido (Est du canal de Vridi).

	1975	1979	1989	2008
1975		17 m - 4,25 m/an	27 m - 2 m/an	58 m - 1,75 m/an
1979			10 m - 1 m/an	41 m - 1,4 m/an
1989				31 m - 1,63 m/an



Figure 3. Ruines d'une maison détruite par la mer (Moussa, 2008).

(Abé, 2005), connaît une relative stabilité. Dans l'ensemble, sur ces deux secteurs, le recul du trait de côte est inférieur ou égal à 0,3 m/an depuis 1975 (Tableau 5, Figure 2d).

CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE A GRAND-BASSAM

Le trait de côte de Grand-Bassam, recule à une vitesse moyenne de 1,2 m/an. Cependant, la zone de l'embouchure se singularise par rapport au reste de la côte (Figure 4). L'embouchure du fleuve Comoé souvent colmaté par les sédiments de la dérive littorale se referme quelques mois après son ouverture artificielle. Le courant de chasse de l'estuaire du fleuve Comoé n'est pas assez fort pour maintenir le grau ouvert. En effet, après le percement du canal de Vridi, une partie des eaux est détournée en direction d'Abidjan (Koffi *et al.*, 1991). Il en résulte un engraissement très localisé qui ne concerne que la zone de l'embouchure (Figure 4). En période de crue, le stock de sable souvent énorme maintient le grau fermé, ce qui provoque des inondations en amont (ville de Grand-Bassam).

Tableau 5. Cinématique du trait de côte dans le secteur du Bidet (Est du canal de Vridi)

	1975	1979	1989	2008
1975		0 m 0 m/an	2,5 m - 0,17 m/an	8 m - 0,24 m/an
1979			2,5 m - 0,25 m/an	8 m - 0,27 m/an
1989				5.5 m - 0,28 m/an

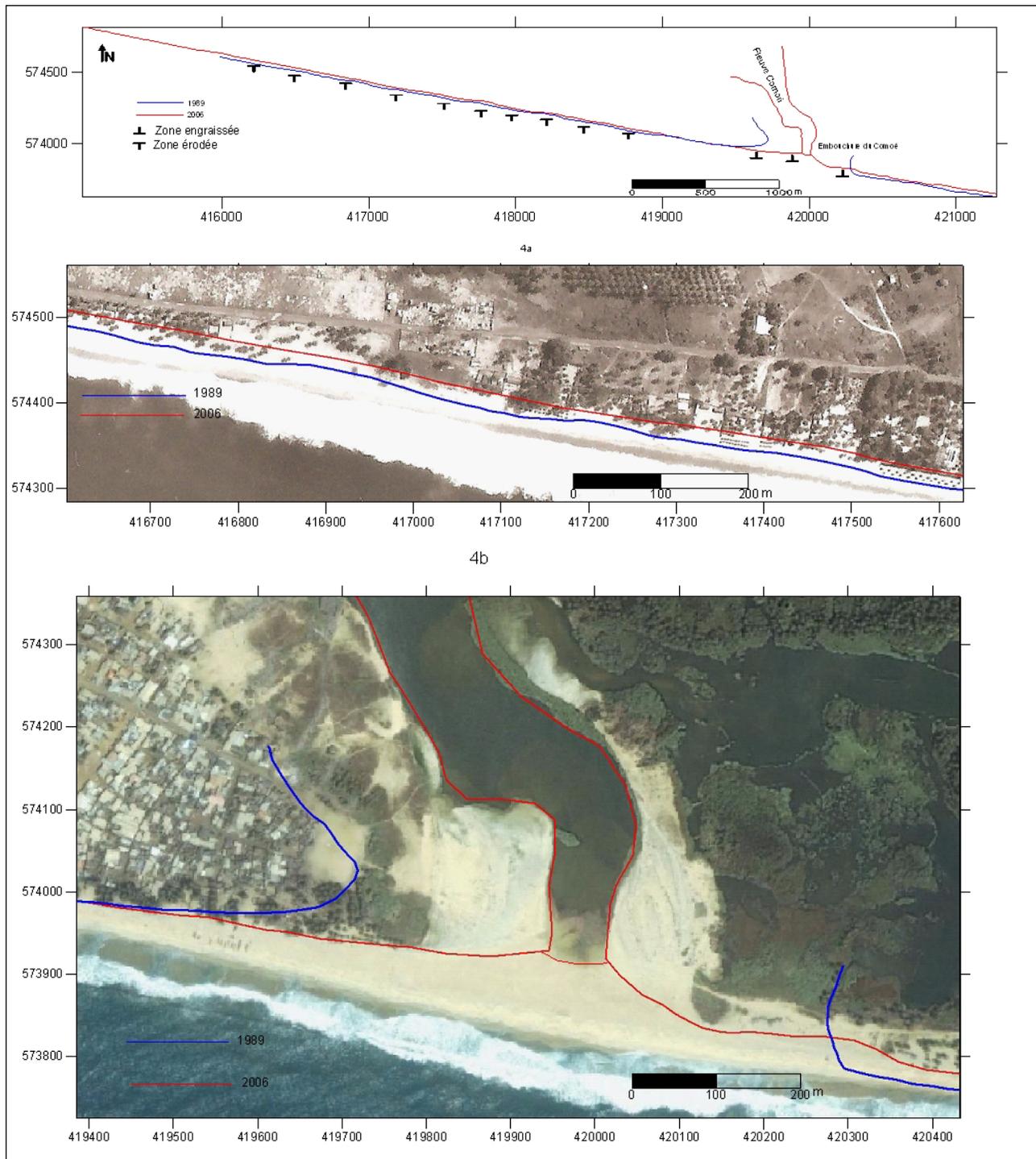


Figure 4. Cinématique du trait de côte de 1989 à 2006 à l’embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam.

MORPHOLOGIE ET FACIES GRANULOMETRIQUE DU CORDON LITTORAL

La morphologie de la plage diffère d’un secteur à l’autre. Dans le secteur du Lido, la plage a une forme concave, et peu étendue (environ 80 m en 1987 et une trentaine de mètre en 2004). La hauteur du haut estran par rapport au bas estran ne dépasse pas 4 m (Figure 5). C’est une plage sableuse basse avec des sédiments essentiellement grossiers. Toute la plage est soumise à l’action des vagues même en période de mortes eaux.

Dans le secteur du Bidet, zone plus ou moins stable, la plage est plus haute et plus étendue (environ 150 m). Seules les houles exceptionnelles atteignent le haut estran. La granulométrie est également grossière. A Grand Bassam, la plage est peu accidentée (Figure 6). C'est une plage basse dont l'étendue ne dépasse pas 50 m. Elle est constituée de sable moyen à fin.

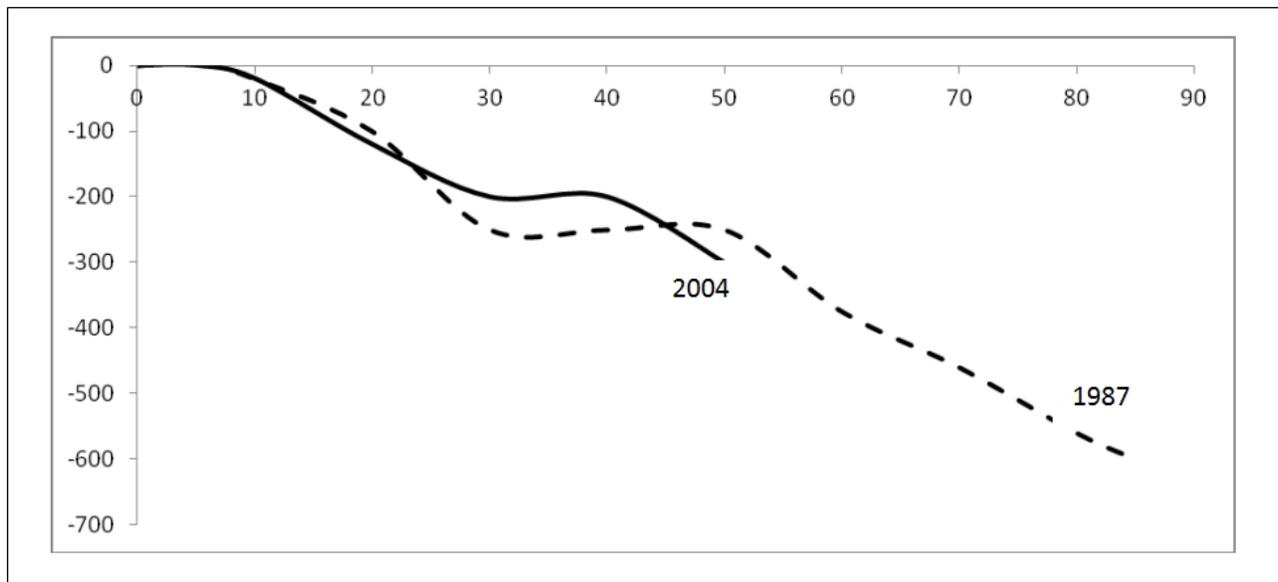


Figure 5. Profils de plage au phare de Port-Bouet 1987-2004 (Abé, 2005).

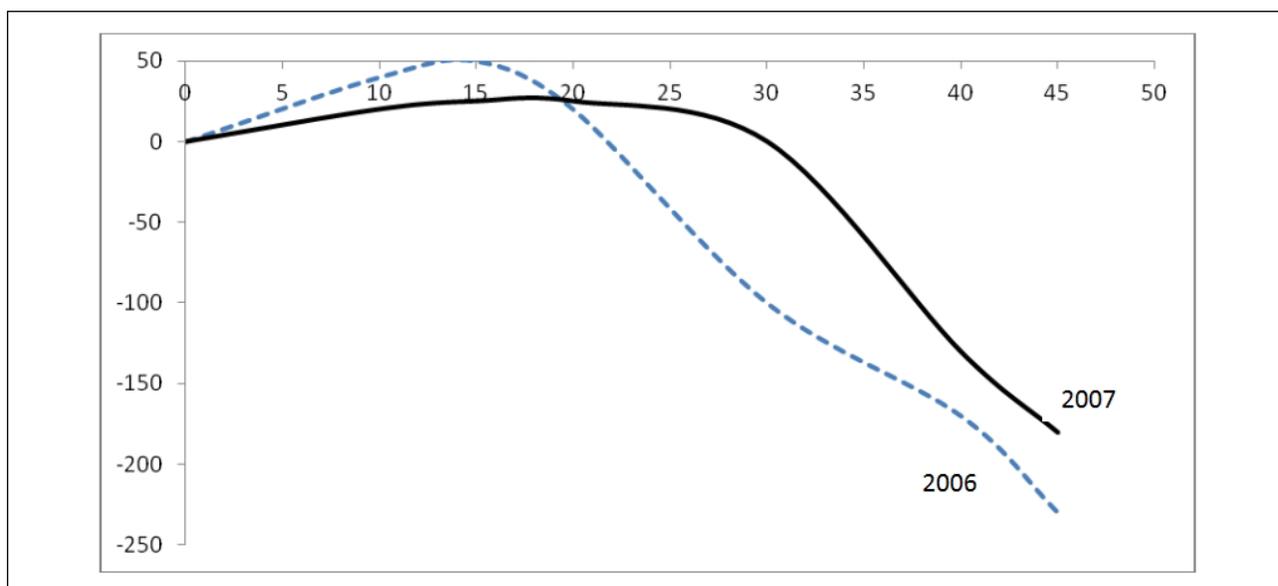


Figure 6. Profils de plage à l'Ouest de l'embouchure du fleuve Comoé (Adopo *et al.*, 2008).

DISCUSSION

L'étude de la dynamique du trait de côte réalisée à partir des photographies aériennes et d'images satellitaires donne des résultats qui concordent avec les observations du terrain. Comparée aux études antérieures dans les mêmes zones, même s'il s'agit pour la plus part d'estimation non récente, le recul du trait de côte varie très peu. Sur le littoral de Vridi et Port-Bouet par exemple, au niveau du Bidet, Abé (2005) montre un recul de 0,53 m/an de 1928 à 1956. De 1956 à 1987, le trait de côte est stable (0 m/an). Nos résultats confirment cette stabilité notamment sur la période de 1975 à 1979. Mais entre 1975 à 2008, le trait de côte dans le secteur du Bidet a reculé d'environ 8 m avec une vitesse de 0,24 m/an. Ces différences proviendraient sans

doute d'erreurs liées à la précision des instruments de mesures utilisés (précision des levées topographiques, distorsion, qualité et échelle des photographies, système de positionnement). A ceci, s'ajoute l'imprécision dans l'approche du traitement des données effectuée (géoréférencement, digitalisation, etc.). A l'Est du canal, la ligne de rivage recule car la dérive littorale est sous-alimentée, tandis qu'à l'Ouest, il est stable, voire en progradation. Une partie des sédiments est abandonnée dans le canyon du Trou-Sans-Fond. Notons que le Trou-Sans-Fond est la principale morphostructure du plateau continental de Côte d'Ivoire (Monde, 1997).

Si le déficit sédimentaire causé par ce canyon sous-marin participe à l'érosion du littoral de Port-Bouet, la morphologie du reste du plateau continental n'influence que très peu le recul du trait de côte dans les secteurs les plus érodés. En effet, la morphologie du plateau continental est assez monotone avec des isobathes généralement parallèles.

CONCLUSION

La quasi-totalité de la côte sableuse ivoirienne est en érosion. A Abidjan, le déficit sédimentaire causé à l'Est d'Abidjan par le canyon du Trou-Sans-Fond est accentué par les aménagements portuaires augmentant ainsi le recul du trait de côte. Après le creusement du canal de Vridi et surtout, après la construction de la digue Ouest (350 m de long) en 1975, la quasi-totalité des sédiments transportés par la dérive se trouve retenue, entraînant une avancée de la plage Ouest. Les infrastructures de protection modifient donc profondément le rivage.

Le recul causé par les facteurs naturels (marée, houle, dérive littorale, ...) sont peu variables sur de longues périodes. Ces facteurs peuvent remodeler le rivage qui tendrait alors vers un profil d'équilibre. Pour atténuer les impacts anthropiques, il faudrait alors recharger ou consolider les rivages fragiles sans y modifier ni le tracé, ni les plans de la houle.

Les nombreux barrages installés sur les grands fleuves, les aménagements effectués sur le rivage ces dernières années, et les changements climatiques sont autant de cause du déficit sédimentaire des rivages. Une estimation plus précise, secteur par secteur de la dérive littorale devient indispensable. Cette estimation prendrait en compte par exemple, les récents aménagements et les changements climatiques.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos sincères remerciements Dr N'Guéssan Yao Alexis et Dr N'Guéssan Mathieu du laboratoire de géologie marine et de sédimentologie de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan pour l'instruction du document.

REFERENCES

- Abé J., Bakayoko S., Bamba S.B., Koffi K.P. 1993. Morphologie et hydrodynamique à l'embouchure du fleuve Bandama. Jour. Ivoir. Océanol. Limmnol. Vol. 2, n°2 :9-24.
- Abé J. 2005. Contribution à la connaissance de la morphologie et à 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 Sc. Nat. Univ. Cocody, 337p.
- Adopo K.L., Kouassi K.L., Wognin A.V.I. 2008. Spatial Distribution and Characterisation of the Sediments of the Estuary of Comoe River (Grand-Bassam, Côte d'Ivoire). European Journal of Scientific Research, Vol. 20, n°4, pp.817-827.
- Bonnefille R., Cormault P. 1964. Etude statistique des données hydrauliques et étude d'ensemble des données

- naturelles au large d'Abidjan. Rapport E.D.F. Centre de Recherches et d'essai de Chatou, Laboratoire National d'Hydraulique ; S.T.R. – C.F.P.T. 381 DHM., 29p.
- Colin C. 1988. Coastal upwelling events in front of the Ivory Coast during the FOCAL program. *Oceanologica Acta*, 11: 125-138
- Diabaté A., N'Gbesso A., Seniadja B., Koffi P., Cougny G. 1994. Incidence du percement du canal de Vridi sur la dynamique de l'érosion côtière du littoral d'Abidjan (Côte d'Ivoire). 6^{ème} congrès international de l'AIGI, Balkema, Rotterdam In. <http://books.google.fr/books>
- Hauhouot C., Robin M., Miossec A. 1997. Etude cinématique du littoral de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) à l'aide d'un S.I.G. in îles et littoraux tropicaux. Brest Ouest ed., pp.269-276
- Hauhouot C. 2000. Analyse et cartographie de la dynamique du littoral et des risques naturels côtiers en Côte d'Ivoire. Thèse doc. Unique Univ. Nantes: 289p.
- Koffi K. P. 1988. Evolution actuelle du littoral ivoirien. Résultat préliminaire de suivi. Acte colloque régional « érosion côtière », projet érosion côtière, Univ. Bénin, Lomé, Togo, 20 p.
- Koffi K.P., Abe J., Amon K.J.B. 1991. Contribution à l'étude des modifications hydrosédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam. *Journal ivoirien d'océanologie et de limnologie*. Vol. I, n°2, pp.47-60.
- Monde S. 1997. Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de Côte d'Ivoire : Aspects morphologiques et sédimentologiques. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Abidjan, 175p.
- Moussa T. 2008. Déguerpissement à l'horizon : la mer menace 3 millions d'ivoirien. www.parti-ecologique-ivoirien.org/img/erosion
- Tastet J.P, Caillon L., Simon B. 1985. La dynamique sédimentaire littorale devant Abidjan, impact des aménagements : contribution à la compréhension des phénomènes d'érosion et de sédimentation. *Rap. Univ. Abidjan*, 34p.
- Tastet J.P. 1987. Effets de l'ouverture d'un canal d'accès portuaire sur l'évolution naturelle du littoral d'Abidjan (Afrique de l'Ouest). *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, n°41 :177-190.
- Wognin A. V. 2004. Caractérisation hydrologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) Thèse Doctorat unique, Université de Cocody, 195p

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

Ama Valérie Wognin
Département de Géosciences Marines
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Cocody
Côte d'Ivoire

Email: wognin.valerie@gmail.com
