

IMPACT DE LA MAREE EXCEPTIONNELLE D'AOUT 2011 SUR LE PERIMETRE LITTORAL PORTUAIRE DE SAN-PEDRO

GBESSI ADJI H¹., KOFFI K. PHILIBERT², YAO KOUADIO S²., ABE JACQUES², MONDE SYLVAIN¹

1. Université Félix Houphouët-Boigny, UFR-STRM_Département de Géosciences marines
 2. Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan, Côte d'Ivoire
- ¹ **Correspondance**, courriel : adjigbessi@yahoo.fr
-

RÉSUMÉ

Le périmètre littoral de San-Pédro connaît une évolution régressive naturelle et anthropique exacerbée par les épiphénomènes de type marée de tempête.

La caractérisation de l'impact de la marée exceptionnelle survenue en août 2011, dans cette zone a été possible grâce au suivi morphologique périodique de la dynamique sédimentaire de ce site entre 2009 et 2012. L'analyse des levés réguliers montre une tendance à l'érosion de l'ensemble des segments de plage avec des vitesses de 0,5 à 2 m/an. Ce taux de recul enregistre une hausse lors de la marée de tempête d'août 2011. On note au cours de cette période des vitesses de l'ordre de 0,7 à 3,7 m/an.

Mots clés : Mouvements sédimentaires, trait de côte, San-Pédro, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

The shoreline perimeter of San Pedro knows natural regressive evolution and anthropogenic exacerbated by epiphenomena of storm surge kind.

The characterization of the impact of the exceptional tide occurred in August 2011 in this area has been possible thanks to the periodic monitoring of morphological sediment dynamics of this site between 2009 and 2012. Analysis of the regular survey shows a trend towards erosion of all track segments with speeds of 0.5 to 2 m / year. This rate of decline recorded an increase during the storm surge of August 2011. It is noted during this period speeds of the order of 0.7 to 3.7 m / year.

Keywords: *sedimentary movements, coastline, San-Pedro, Ivory Coast.*

INTRODUCTION

Plus de 50 % de la population mondiale habite les zones côtières, et 12 des 13 plus grandes villes sont situées sur la côte (Castelle, 2004). Les littoraux et surtout les plages sont donc des lieux de rencontre d'une bonne frange de la population qui ne cesse de croître. Ces sites constituent des zones privilégiées d'implantations d'activités économiques mais les risques encourus sont le plus souvent méconnus par les investisseurs.

Selon Koffi et *al.* (2014), le périmètre littoral de San-Pédro est le siège d'enjeux économiques à l'extrême Ouest du littoral ivoirien. Ce site connaît par contre une évolution régressive critique du rivage du fait des aménagements côtiers.

Cette dynamique est relevée par des analyses diachroniques de photographies aériennes du site (Hauhouot, 2000) et des relevés successifs de profils de plage (Abé, 2005; Yao, 2012). Dans le second cas les études montrent que les changements morphologiques des profils obéissent à un rythme saisonnier et les forts taux de recul du rivage sont à mettre en relation avec les événements exceptionnels de type marée de tempête.

Cette étude vise donc à actualiser non seulement les tendances évolutives du périmètre littoral portuaire de San-Pédro, mais également à mettre en relief l'impact de l'agitation exceptionnelle enregistrée en 2011, utile pour la recherche de solutions idoines pour une gestion durable de ce site.

1- Présentation du site et méthodologie

1-1- Présentation du périmètre littoral de San-Pédro

Il se situe sur l'unité littorale de type côte de plateaux ou de falaises mortes, définie entre Tabou et Sassandra. Ce secteur s'étend sur 170 km de côte environ entre les longitudes 6° et 7° 30' Ouest (Yao, 2012) (figure 1). Le segment de côte qui fait l'objet de cette étude porte sur environ 7 km à vol d'oiseau entre le village de pêcheurs Fanty proche de l'embouchure de la lagune Digboué à l'Ouest et la pointe Bapo à l'Est.

La morphologie générale de la côte est celle de l'ensemble de l'unité littorale, caractérisée par la disposition des segments de plage en échelon où de minces cordons littoraux rectilignes sont décalés les uns par rapport aux autres, séparés par des caps rocheux plus résistants. Ce tracé d'ensemble tient de la tectonique locale ou de l'érosion différentielle du socle précambrien (Tricart, 1957 ; Hirschberger & Pomel, 1972; Tastet, 1985).

Le Front de mer du site est couvert par les aménagements portuaires et structures attenantes, ainsi que les promontoires rocheux naturels. A l'Ouest du chenal portuaire, les aménagements touristiques occupent l'arrière plage le long du rivage jusqu'au village de pêcheurs Fanty à l'Ouest de la pointe rocheuse Balmer.

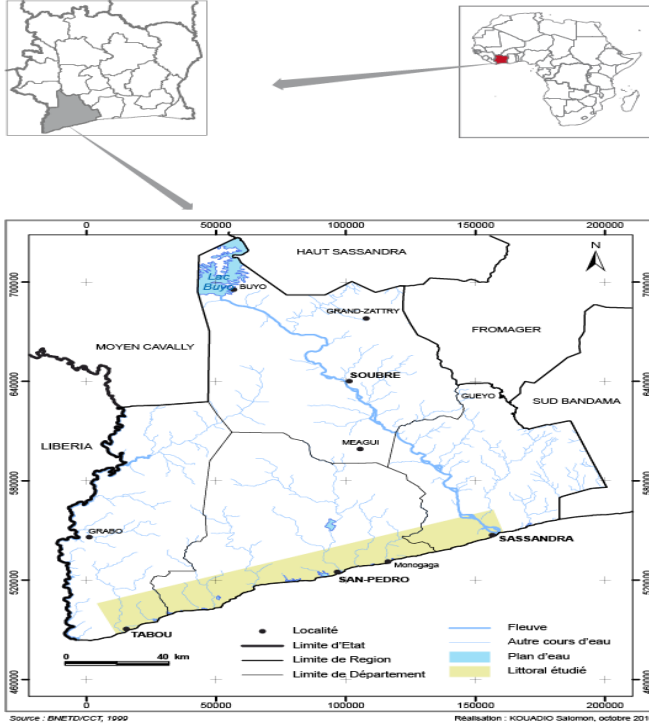


Figure 1: Localisation du secteur Tabou-Sassandra (Yao, 2012)

1.2 Conditions hydrodynamiques du site

La définition des conditions océaniques du site se focalise sur les caractéristiques de la marée et de la houle, qui constituent les principaux agents hydrodynamiques responsables du remaniement sédimentaire littoral. L'ensemble du littoral ivoirien, connaît une marée semi-diurne de faible amplitude allant de 0,40 m en mortes-eaux à 1,30 m en vives-eaux.

La houle, avec une amplitude de 1 à 2 m et une période de 10 à 11 secondes, provient essentiellement du secteur Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest. L'analyse de la fréquence mensuelle des différentes houles (tableau 1) révèle une constance approximative de la houle moyenne pendant toute l'année. La houle forte caractérise les mois de mai, juin et juillet. A noter l'absence d'enregistrement de houle le long de la côte ivoirienne, les hauteurs de houle retenues pour les conditions d'agitation en Aout 2011 sont celles fournies par NOAA

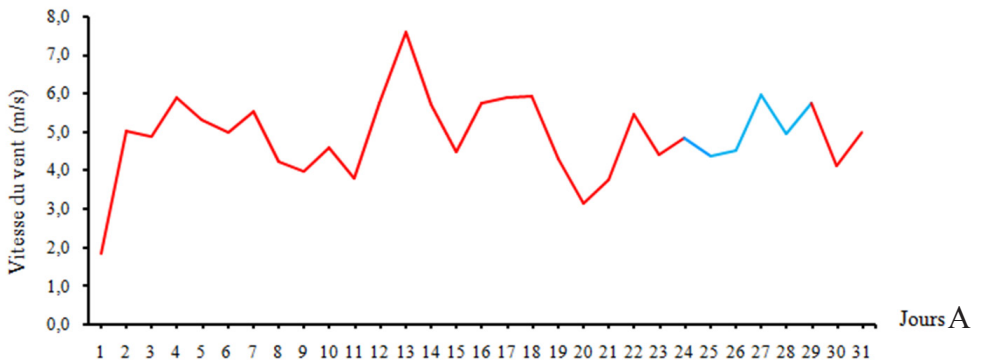
Waves Watch. Elles présentent des Hauteurs significatives (Hs) de 2,04 à 2,90 m entre le 24 et le 29 août 2011 . Il s'agit de houles fortes car $H_s > 2$ m (figure 2 B).

Le spectre des vitesses du vent enregistré à la même période indique une vitesse moyenne de vent de 5,06 m/s (figure 2 A)

Tableau I : Fréquence mensuelle (%) des différentes houles (Varlet, 1958)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Houle faible (amplitude inférieure à 0.8 mètre)	45	28	18	24	12	06	17	36	45	34	51	58
Houle moyenne (amplitude comprise entre 0.8 et 2 mètres)	45	62	59	53	42	53	55	48	41	59	44	37
Houle forte (amplitude supérieure à 2 mètres)	10	10	23	23	46	41	28	16	14	13	05	05

Spectre des vitesses du vent du mois d'Août 2011



Spectre des Hs des houles du mois d'Août 2011

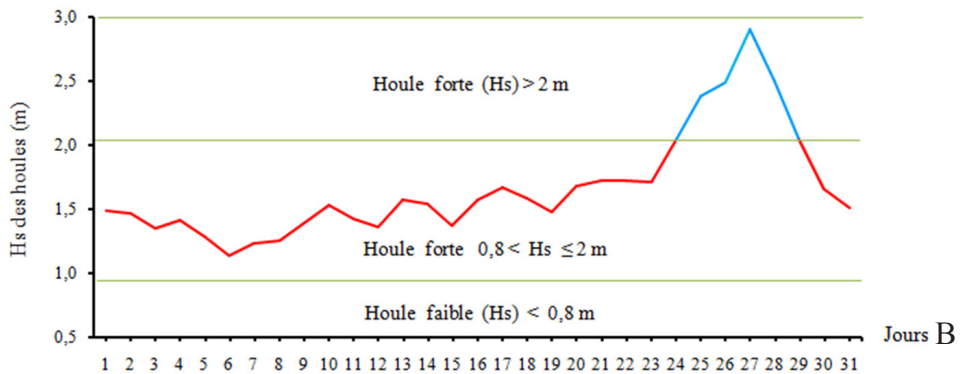


Figure 2 : Spectres des vitesses du vent (A) et des Hs des houles du mois d'août 2011 (B)

1.3 Méthodologie

La caractérisation de l'emprunte de l'agitation exceptionnelle enregistrée en août 2011, a été possible, grâce aux levés topographiques périodiques sur le périmètre littoral portuaire de San-Pédro entre 2009 et 2012. Les campagnes de collecte de données topographiques ont porté sur 12 profils issus d'un réseau de 52 profils implantés en collaboration avec l'équipe du Service Hydrographique du Port Autonome de San-Pédro en 2007. Ces profils couvrent les segments de plage Balmer, Tombolo, Jetée Ouest - Epi, et Jetée Est, Club Nautique respectivement à l'Ouest et à l'Est du chenal portuaire (figure 3). Les profils, espacés de 100 m à 200 m, sont matérialisés par des bornes ou piquets repères fixes (au moins deux bornes) connus en coordonnées (x,y et z). La référence altimétrique (z) utilisée à San-Pedro est le zéro hydrographique du Port, situé à 1,555 m en dessous du référentiel altimétrique de l'IGCI actuel CCT du BNETD (Yao, 2012). Les levés périodiques ont été effectués à l'aide d'un tachéomètre ou d'un niveau de chantier. Ces profils sont comparés progressivement afin d'évaluer la tendance évolutive du trait de côte des différents segments de plage et d'identifier l'impact de l'agitation exceptionnelle.

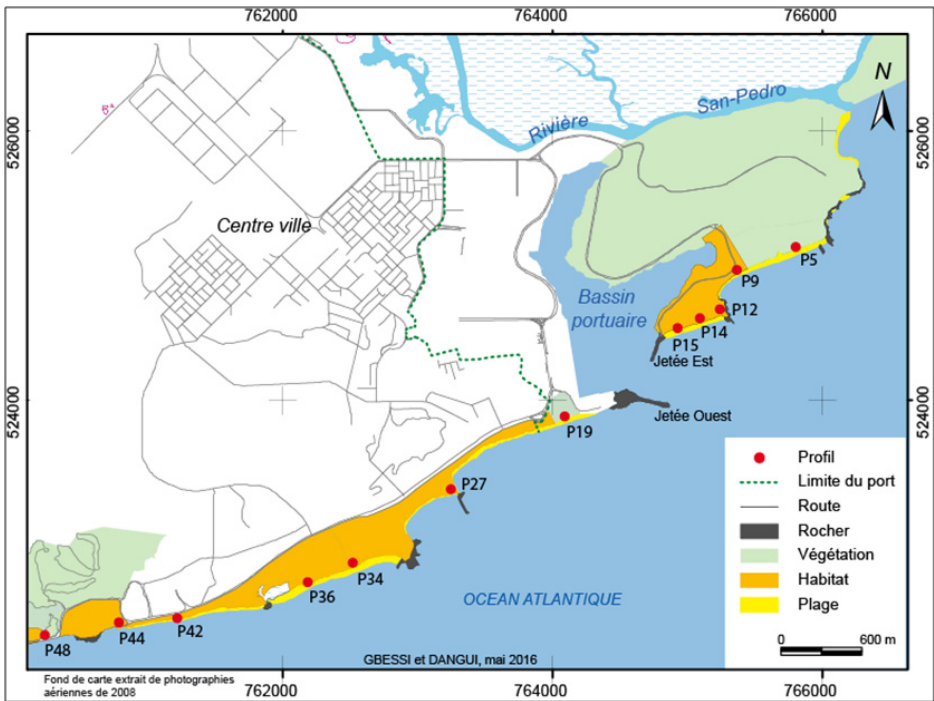


Figure 3 : Stations du périmètre littoral de San-Pédro (2009-2012)

2- RESULTATS

2.1 *Tendance évolutive de la ligne de rivage du périmètre littoral portuaire de San-Pédro entre 2009 et 2012*

La dynamique de la ligne de rivage de part et d'autre du chenal portuaire, entre 2009 et 2012, est caractérisée par une tendance à l'érosion de l'ensemble des segments de plage (figure 4).

A l'Est du chenal, les taux de recul de la ligne de rivage sont variables sur les segments de plage Jetée Est et Club Nautique. Ils sont de l'ordre de 0,5 m/an à 2 m/an. Ces vitesses apparaissent plus importantes sur le segment de plage Jetée Est (0,5 m/an à 2 m/an) que celui du Club Nautique (0,5 m/an à 1 m/an). Dans l'ensemble, les forts taux de recul sont enregistrés à proximité des promontoires rocheux naturels (pointe Bato) et artificiel (Jetée Est) dans la partie Ouest des segments de plage, tandis qu'à l'Est les taux sont modérés (figure 4). Cette tendance évolutive du rivage serait le fait de la diffraction de la houle à l'extrémité de structures rocheuses.

A l'Ouest dudit chenal, la dynamique des segments de plage est à la stabilité du rivage par endroit et au recul du trait de côte sur certains segments (Figure 4). Dans le premier cas, les mouvements observés, essentiellement sur le segment de plage Jetée Ouest, traduisent une alternance des processus de rechargement et de démaigrissement de l'estran respectivement selon les périodes de beau temps et d'agitation.

Les segments de plage Epi-Tombolo et Tombolo subissent une évolution régressive modérée de 0,5 m/an à 1 m/an. Au niveau du segment de plage tombolo, le recul spectaculaire observé se résout à l'érosion de la forte berme développée qui constitue la limite actuelle du rivage.

Plus à l'Ouest, le segment de plage Tombolo -Balmer présente une dynamique qui ne s'éloigne guère de celle décrite précédemment. On note également des taux de recul de 0,5 m/an à 1 m/an.

Le recul du rivage apparaît plus important à l'Ouest immédiat du rocher Balmer. Les vitesses enregistrées sont de l'ordre de 2 m/an sur la courte période de mars 2011 à mai 2012. Cette dynamique a affecté la voie qui relie la ville au village de pêcheur Fanty (photo 1). Elle a été repoussée plus au nord à l'intérieur des terres.

Tout comme les segments de plage à l'Est du chenal portuaire, l'importance de la dynamique régressive du rivage a lieu au pied des pointes rocheuses du fait de la diffraction des houles. Dans le dernier cas (station à l'Ouest du rocher Balmer), la dynamique semble être en relation avec l'exploitation de carrière de sable de plage en amont de cette station.

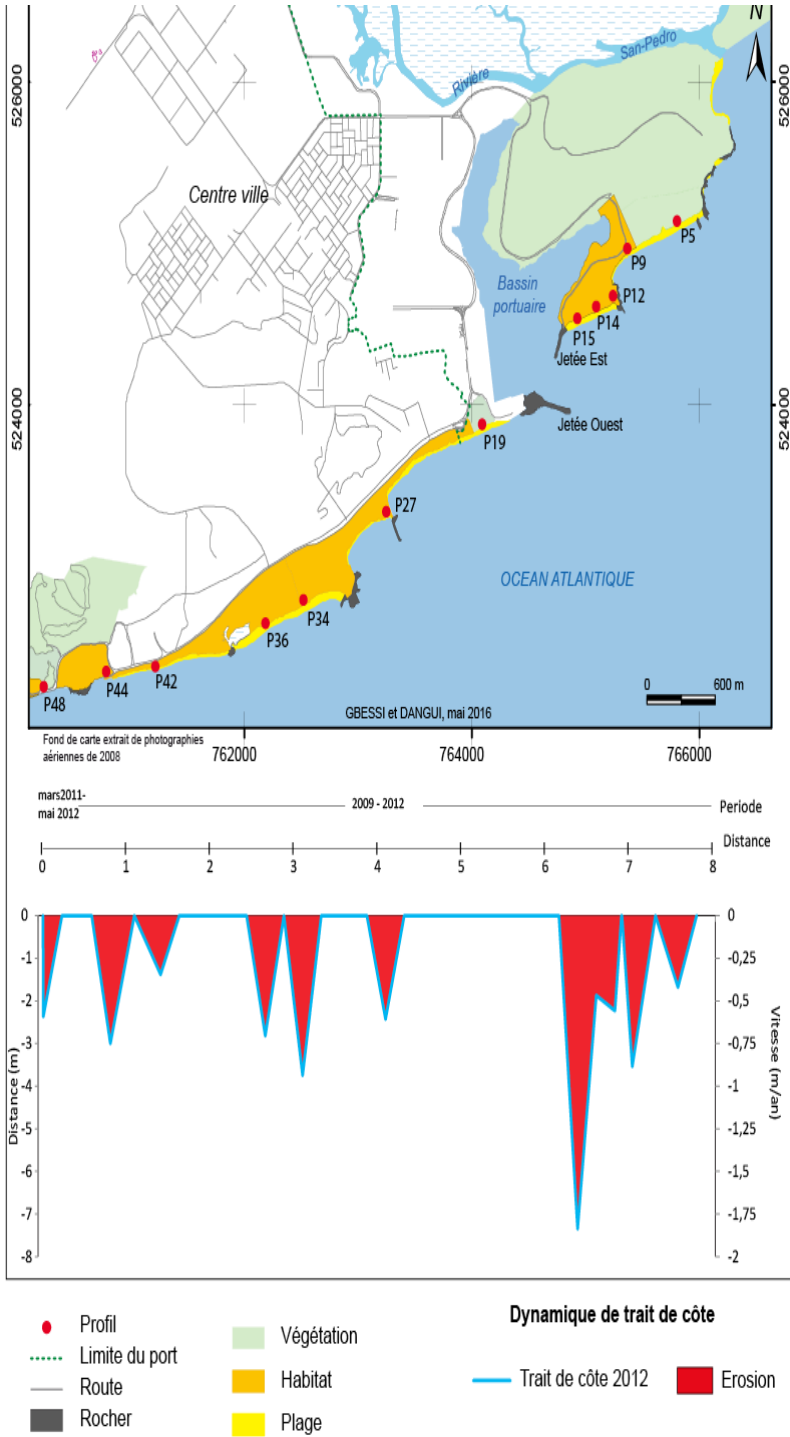


Figure 4 : Tendence évolutive de la ligne de rivage du périmètre littoral de San-Pédro entre 2009 et 2012



Photo 1: Interruption de la voie Balmer - Village Fanty en aval dérive de la station d'extraction de sable (septembre 2010)

2.2 Dynamique sédimentaire de la ligne de rivage du périmètre littoral portuaire de San-Pédro consécutive à la tempête d'août 2011

L'analyse des levés au sol avant et après la marée de tempête d'août 2011 révèle des taux de recul non négligeables du rivage, imputables à cette agitation exceptionnelle.

Ainsi, à l'Est du chenal portuaire, la ligne de rivage connaît un recul de 0,7 à 1,2 m au niveau du Club Nautique, sur la courte période de mars à septembre 2011 (Figures 5 A & B). Le recul apparaît plus important sur le segment de plage Jetée Est dans cette zone. Il est de l'ordre de 0,7 à 3 m au cours de la même période (Figures 5 C & D). Comme indiquée plus haut, les fort taux de recul s'observent généralement au pied des structures rocheuses (en aval dérive immédiat du transit sédimentaire Ouest-Est).

A l'Ouest dudit chenal, le recul de la ligne de rivage caractérise l'ensemble des segments de plage. Les taux enregistrés varient entre 1,5 et 2,5 m entre mars et septembre 2011 (Figures 6 A - D). Toutefois, on peut noter à proximité de la Jetée Ouest, un démaigrissement important de l'estran et une stabilité du rivage du fait de la présence de platier rocheux dans l'emprise du profil SP 19. Dans cette zone, les plus fort taux de recul sont également observés à l'Ouest de la pointe rocheuse Balmer.

Les taux de recul dans la courte période ayant enregistré la marée de tempête apparaissent plus importantes. Cette tendance évolutive du rivage, illustrée par la figure 7 traduit l'impact des évènements exceptionnels dans la dynamique du trait de côte.

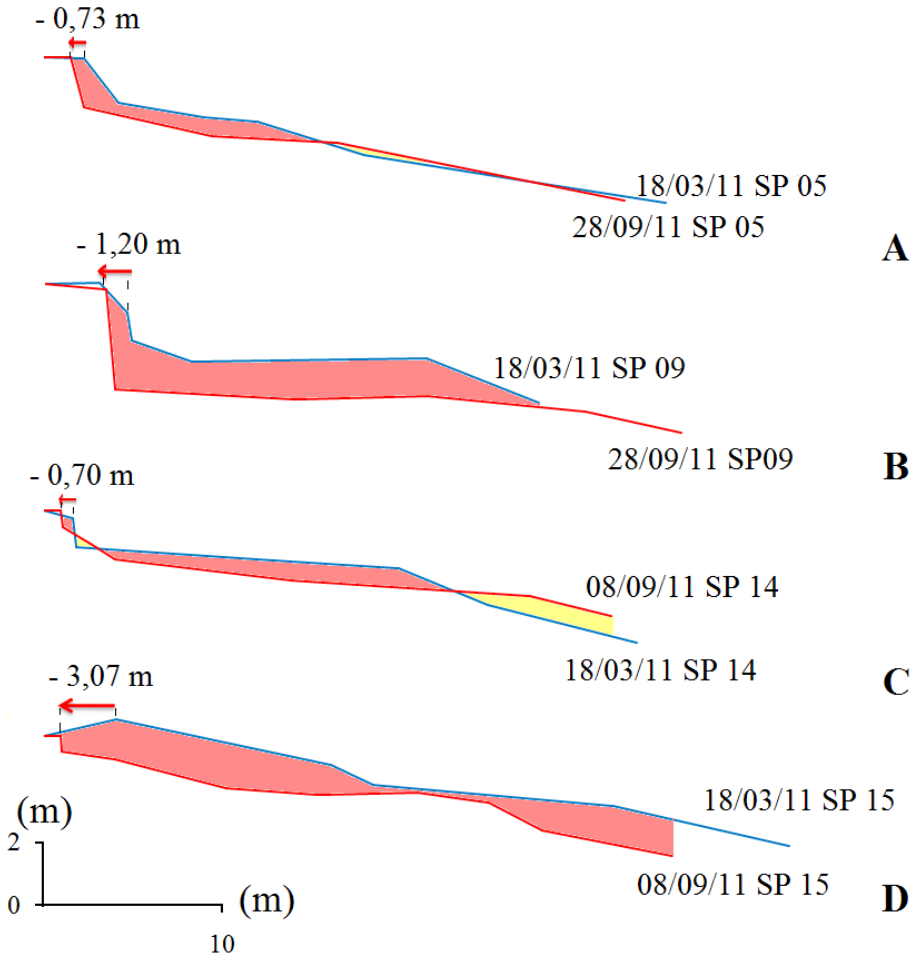


Figure 5 : Impact de la marée de tempête d'août 2011 sur les segments de plage à l'Est du chenal portuaire de San-Pédro

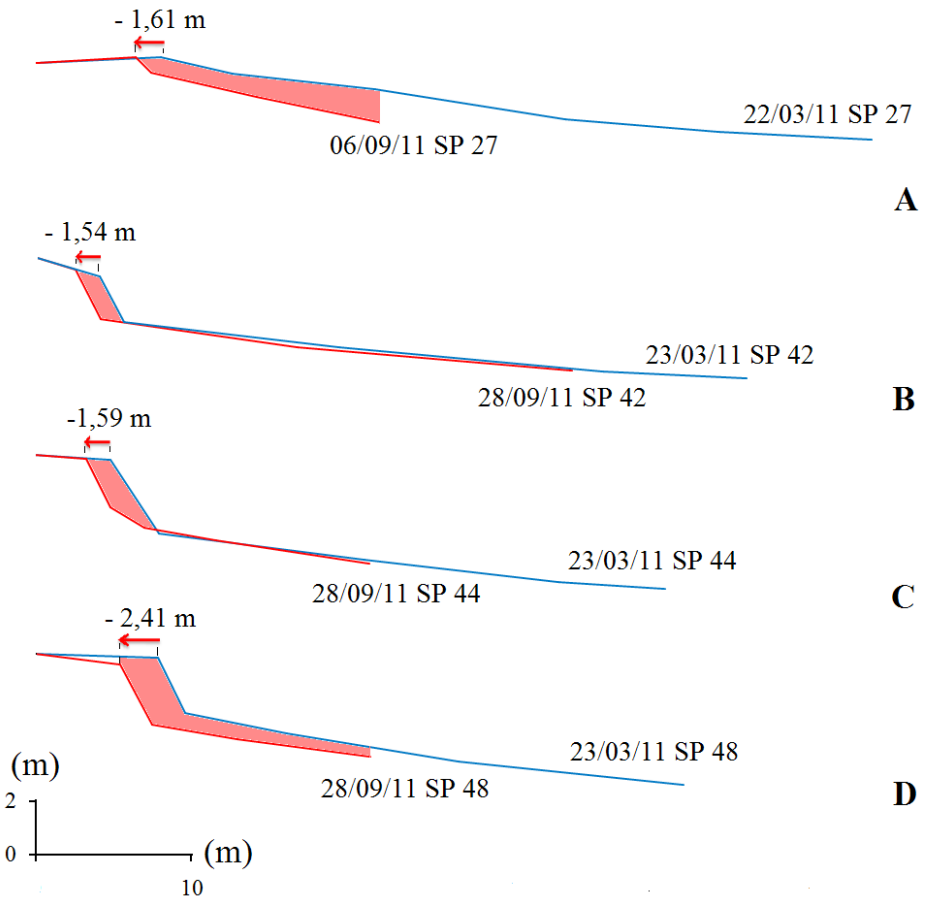


Figure 6 : Impact de la marée de tempête d'août 2011 sur les segments de plage à l'Ouest du chenal portuaire de San-Pédro

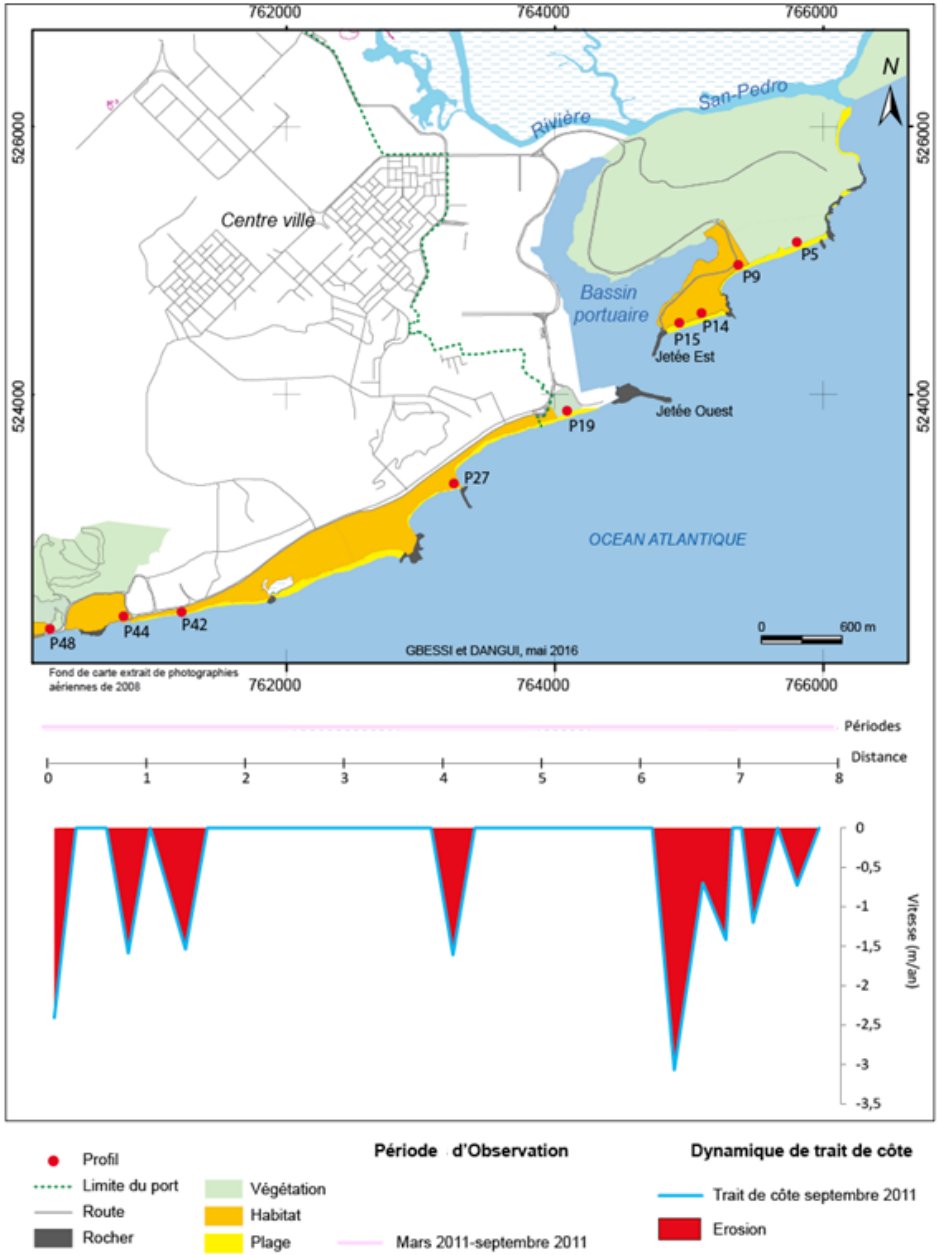


Figure 7 : Tendence évolutive de la ligne de rivage du périmètre littoral de San-Pédro entre mars et septembre 2011

3- DISCUSSION

L'étude de la dynamique de la ligne de rivage du périmètre littoral portuaire de San-Pédro entre 2009 et 2012, montre que le trait de côte connaît une régression de l'ordre de 0,5 à 2 m/an en raison de l'action humaine (aménagement portuaires et extraction de sable de plage). Les vitesses de recul sont plus importantes à l'Est du chenal portuaire, particulièrement au pied des promontoires rocheux et en aval des activités d'extraction de sable à l'Ouest.

Cette tendance évolutive du rivage est mise en évidence dans les travaux de Tastet (1987), Abé et Bakayoko (1995) Hauhouot (2000), Dibajnia et *al.* (2004).

Par ailleurs, les analyses morphologiques entre mars et septembre 2011 traduisent la forte déstabilisation de l'ensemble des segments de côte qui semble avoir été fortement influencé par la marée de tempête survenue en août 2011. Les fortes houles de Hauteurs significatives supérieures à 2 m enregistrées entre le 24 et le 29 août 2011 ont certainement imprimé cette dynamique régressive remarquable. On note des taux de recul de 0,7 à 3,7 m au cours de cette période.

La mise en relief du recul par à coup du trait de côte, sur ce périmètre littoral corrobore les travaux de Abé (2005), Yao et *al.* (2010) et Yao (2012). Ces auteurs soulignent l'exacerbation de la dynamique du rivage dans cette zone, du fait des tempêtes survenues en mai 1986 et août 2007.

CONCLUSION

La dynamique de la ligne de rivage de part et d'autre du chenal portuaire, entre 2009 et 2012, est caractérisée par une tendance à l'érosion de l'ensemble des segments de plage. Le schéma classique de l'évolution du trait de côte révèle une tendance évolutive régressive plus importante au pied des barrières rocheuses naturelles et artificielles et en aval des activités d'extraction de sable. Les vitesses enregistrées sont de l'ordre de 0,5 à 2 m/an. Cette dynamique naturelle a été fortement influencée par la marée de tempête d'août 2011. Elle a imprimé ainsi un taux de recul de 0,7 à 3,7 m. L'analyse de la dynamique du trait de côte du périmètre littoral de San-Pédro, ne doit donc pas se départir des impacts des épiphénomènes dans un processus de projection de l'évolution à long terme de cette zone.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **ABE J. (2005).** Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique du littoral ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) Essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de Doctorat d'Etat. Sc. Nat., Univ. Abidjan, 345p.

- 2- ABE J. et BAKAYOKO S. (1995).** Influence des structures de protection d'un canal portuaire sur la morphologie de la côte: le Canal de Vridi en Côte d'Ivoire. Coastal Systems and Sustainable Development in Africa. In UNESCO Reports in Marine Sciences; Vol. 66; pp. 25-33.
- 3- CASTELLE B., MARIEU V., BONNETON P., BRUNEAU N. et GRASSO F. (2004).** Modélisation des évolutions des profils de plage. Génie civil côtier, LA HOUILLE BLANCHE/ N° 1-2010. 7 P. URL: <http://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/bonneton/Divers/These.Castelle.pdf>
- 4- DIBAJNIA, M., NAIRN, R.B. and ROSS, P. (2004).** Analysis of long-term sand accumulation at a harbor using 2DH numerical simulation. Coastal Engineering, 51 (8-9) pp. 863-882.
- 5- HAUHOUOT C. (2000).** Analyse et cartographie de la dynamique du littoral et des risques naturels côtiers en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Univ. de Nantes 289p.
- 6- HINSCHBERGER F. et POMEL R. (1972).** La morphologie des côtes rocheuses entre Monogaga et Sassandra (Côte d'Ivoire). Ann. Univ. Abidjan, série G (Géographie), tome IV, pp 7-37
- 7- KOFFI K. P., YAO S., ABE J., HAUHOUOT C., BAMBA S. (2014).** Quelles perspectives face à la dynamique préoccupante des plages d'Assouindé Valtour et du Club Nautique, respectivement au Sud-Est et au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, *XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Dunkerque, 2-4 juillet 2014*, pp 413-422.
- 8- TASTET J. P. (1985).** Le littoral ivoirien : géologie, morphologie, dynamique, Ann. Univ. Abidjan, Série c, T. XXI-B , pp. 189-218.
- 9- 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), Bulletin Institut Géologie Bassin d'Aquitaine, Bordeaux 41, pp 177-190.
- 10- TRICART J. (1957).** Aspect et problèmes géomorphologiques du littoral occidental de Côte d'Ivoire. Bull. IFAN, sér. A (XIX) pp 1-20
- 11- VARLET F. (1958).** Le régime Atlantique près d'Abidjan, Côte d'Ivoire : Essai d'océanographie littoral. Etudes Eburnéennes, t.7, 222 p.
- 12- YAO K. S. (2012).** Etude de la dynamique sédimentaire du littoral occidental ivoirien entre Tabou et Sassandra: Approche morpho-bathymétrique, sédimentologique et exoscopique. Thèse de doctorat Université F H B Cocody-Abidjan, 198 p.
- 13- 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, n° 3, pp 2.1–2.12.