



ISSN NO. 2320-5407

Journal Homepage: -www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/2127
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/2127>



RESEARCH ARTICLE

HYDRO-SEDIMENTARY CHARACTERIZATION AND MOUTH MIGRATION PROCESS OF BANDAMA'S RIVER (CÔTE D'IVOIRE).

*WOGNIN Ama. Valerie, ASSALE Fori Yao Paul, N'Guessan Yao Mathieu, Diangone Eric Tizie and et MONDE Sylvain.

Laboratoire de Geologie Marine et de Sedimentologie, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minieres, Universite Felix Houphouet-Boigny. 22 BP 582 Abidjan 22 (Cote d'Ivoire).

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 25 September 2016
Final Accepted: 27 October 2016
Published: November 2016

Key words:-

Coastal erosion, mouth migration, Bandama's estuary, Grand-Lahou.

Abstract

The morphology of Bandama's mouth varies continuously depending tides, storms, river flow and seasons. This morphological variation is accompanied by the migration of the channel toward the west destroying progressively the historic town of Grand-Lahou. Seasonal measurements of salinity, make possible to schematize the evolution of the tide and the salinity in the estuary.

The analysis of air-photography and satellite picture make possible to track the migration and morphological evolution of the mouth. We distinguish essentially two types of morphologies:

In low water period, is built a littoral arrow that extends the bar from the East to the West. The channel width is very reduced. The west bank remains almost stable.

In flood period, the west bank of the channel is attacked simultaneously by waves and river flow destroying thisbar thus, That causes the channel migration westward. Between 1957 and 2016, the mouth of Bandama's river has migrated about 1800 m with an average speed of 30.5m / year or 2.5 m /month. Littoral drift, caused by the obliquity of the swell in relation to the shore. Erosion spreading of this bar is the result of the combination of these factors in additional to the entropic effects.

Copy Right, IJAR, 2016,. All rights reserved.

Introduction:-

L'embouchure du fleuve Bandama est située à Grand-Lahou (Côte d'Ivoire), entre les longitudes 4°20 et 5°20 Ouest et les latitudes 4°26 et 5°20 Nord (figure 1).

C'est une interface entre trois milieux différents: le milieu fluvial, le milieu lagunaire et le milieu marin. Elle constitue le seul exutoire en mer du fleuve Bandanaet du système lagunaire de Grand-Lahou (lagune, Tagba, Nyouzoumou, Tadio et Mackey).

Cet espace littoral, particulièrement dynamique est sujet à une érosion très active qui, modifie sans cesse sa morphologie. Cette érosion s'accompagne d'une migration importante de l'embouchure vers l'Ouest (accélérée pendant cette décennie). Cependant, « Grand-Lahou et sa région bénéficient d'atouts naturels la prédisposant au développement de la pêche et de la production halieutique. En effet, La ville figure au rang des 4 principaux centres de pêche de Côte d'Ivoire avec Adiaké, San-Pédro et Sassandra » (Capdel, 2006 ; Akou, 2015).

Corresponding Author:- WOGNIN Ama. Valerie.

Address:- Laboratoire de Geologie Marine et de Sedimentologie, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minieres, Universite Felix Houphouet-Boigny. 22 BP 582 Abidjan 22 (Cote d'Ivoire).

La présente note fait une analyse de quelques processus hydro sédimentaires de l'estuaire du Bandama grâce à des relevés de terrains, des travaux antérieurs, des images satellites (Landsat TM et ETM+ 1990, 2000, 2001 2016, Spot 1986, 1988, 1995) et des photographies aériennes datant de 1957, 1971, 1975 et 1993.

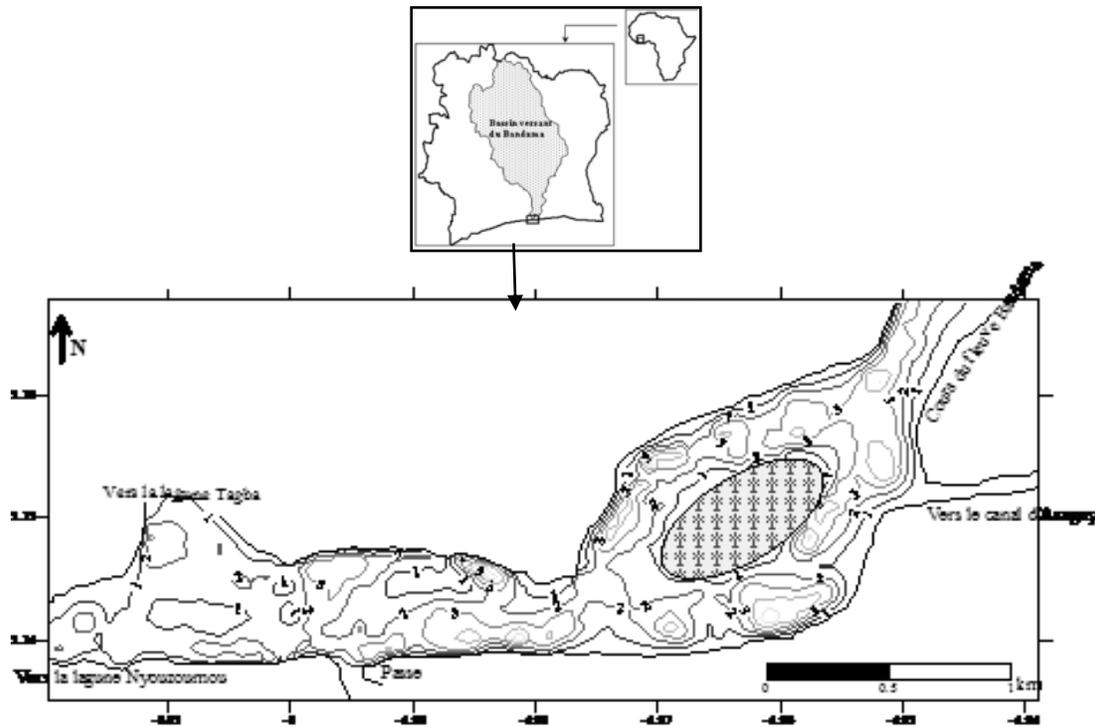


Figure 1:- Estuaire du fleuve Bandama à Grand-Lahou (Côte d'Ivoire)

Données générales sur la zone d'étude:-

Régimes climatiques de l'arrière-pays:-

D'une superficie de 97500 km², le bassin versant du fleuve Bandama est constitué des sous-bassins de la Marahoué (principal affluent de la rive droite) et du N'Zi (affluent de la rive gauche). Le débit moyen de ce fleuve en crue (septembre) est de 1645 m³/s et en étiage (janvier) de 25 m³/s. Trois régimes climatiques caractérisent ce bassin. Le régime tropical de transition caractérisé par une crue unique (d'août à octobre) et une période d'étiage (janvier à mai) se rencontre dans la partie septentrionale du bassin. Le régime équatorial de transition atténué est typique de la région centrale du bassin du Bandama. Il est caractérisé par deux saisons de pluies qui entraînent deux crues entre juin et juillet et entre septembre et octobre. Le régime équatorial de transition est le régime du Sud du bassin. Il est également caractérisé par deux crues, l'une entre juin et juillet et l'autre entre octobre et novembre (Lévêque *et al*, 1983)

Hydrologie du littoral:-

La houle:-

Les houles sur le littoral ivoirien ont des directions SW à SSW. Sa période varie en moyenne entre 10 et 11 secondes. Les amplitudes des houles, observées au large, dépassent rarement 4 mètres (Varlet, 1958). Elle attaque la côte avec un angle d'environ 24 degrés (Martin, 1977). La période d'occurrence des fortes houles (période turbulente) se situe entre mai et juin tandis que celle de la période calme (houle faible) est centrée sur les mois de novembre, décembre et janvier. Les fortes houles de grandes amplitudes et de longues périodes sont rares. Cependant, l'on observe des houles exceptionnelles de grandes amplitudes (5 m) et de longues périodes (20 s) (Bonnefille et Cormault, 1964).

La mare:-

Sur la côte ivoirienne, la marée est de type semi-diurne avec un coefficient de Van der Stock de 0,26. On observe donc deux (2) pleines mers et deux (2) basses mers par jour. Le marnage dépasse rarement 1,5 m en vive eau et peut descendre jusqu'à 0,4 m en morte eau (Lemasson et Rebert, 1973 ; Martin, 1977).

La dérive littorale:-

Ce transport de sable parallèlement à la côte, est généré 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, estimée sur le littoral ivoirien à environ 350 000 à 4 000 000 m³.an-1 dans la zone Ouest d'Abidjan (Tastet *et al.*, 1985), se fait d'Ouest en Est.

L'estuaire du Bandama:-

A l'exutoire, le fleuve Bandama est relié, à l'Est, à la lagune Ebrié par le canal d'Assagny et à l'Ouest au système lagunaire de Grand-Lahou. L'hydrologie à l'embouchure est influencée par les régimes fluviaux (fleuve Bandama et cours d'eau côtiers) et les saisons marines. Ainsi de janvier à avril, le système lagunaire est sous influence marine. De mai à août, ce système est dominé par le régime des cours d'eau côtiers. De septembre à décembre tout le système lagunaire est sous l'influence du Bandama.

Materiels etmethodes:-

Pour suivre l'évolution de la morphologie de l'estuaire, l'on a procédé à des levés bathymétriques à l'aide d'un échosondeur "Lowrance, modèle LMS-160 (logiciel Global MapTM1600) couplé à un récepteur GPS (modèle GARMIN) pendant la période estivale caractéristiques de la période d'occurrence des faibles houles. Sur l'estuaire, les mesures ont été effectuées suivant des radiales perpendiculaires au rivage. Ces radiales sont espacées de 50 à 100 m et le pas d'échantillonnage ne dépasse pas 10 m.

Des radiales parallèles au rivage (c'est-à-dire qui recoupent les précédentes) ont été réalisées afin de vérifier les données grâce aux points d'intersection entre les radiales perpendiculaires au rivage et celles parallèles au rivage. Des corrections ont été appliquées afin de déterminer la profondeur réelle en chaque point. Elles concernent la profondeur d'immersion du transducteur, le marnage et les données erronées traduites par des valeurs en décalage avec l'évolution réelle des fonds. A chaque point, la profondeur réelle est obtenue après avoir ajouté à la profondeur affichée, la profondeur d'immersion du transducteur, et après avoir ajouté ou retranché le marnage grâce à l'annuaire des marées. Le logiciel "Surfer 11" a servi pour l'élaboration de la carte bathymétrique. La méthode d'interpolation utilisée est le krigeage linéaire.

Pendant le levé bathymétrique, des mesures de salinité, de pH et de température ont été faites "in situ" en étiage (février) et en crue (octobre) à l'aide d'un capteur multi paramètre portatif "WTW82362" sur le plan d'eau fluvial et en 4 stations fixes pendant un cycle de marée.

La caractérisation sédimentologique a consisté en une analyse granulométrique des sédiments superficiels de l'estuaire.

La méthode d'analyse de la morphologie de la passe et la cinématique du trait de côte est basée sur des profils de plage et sur la compilation de données issues de photographies aériennes, d'images Landsat, d'images Spot, etc. Les photographies aériennes numérisées et les images satellitaires sont redressées et géo-référencées avec la méthode polynomiale. Elles sont rassemblées par catégorie pour créer des mosaïques. Les images satellites et photographies aériennes redressées et corrigées vont servir de base pour la digitalisation des traits de côte aux différentes dates de prise de vue. Ainsi, on appréciera la tendance évolutive de la période considérée.

Resultats:-**La marée de salinité:-**

En étiage, pendant le flot (figure 2a), (tableau 1), la salinité en surface est de 23‰ à l'embouchure. En profondeur, elle est de 26‰. La stratification de l'eau est plus évidente à mesure qu'on s'éloigne de l'embouchure. En effet, à environ 4 km de l'embouchure, la salinité en surface est de 18‰. En profondeur elle demeure élevée (24‰). Pendant le jusant, (figure 2b), la stratification des eaux est très marquée. Dans les zones à proximité de la passe, les eaux de surfaces sont peu salées. La salinité maximale est de 0,2‰ en surface. Elle est de 22‰ en mi-profondeur et de 25‰ en profondeur. D'une façon générale, en période d'étiage, l'estuaire est sous influence marine. Le front de remonté de l'eau marine se situe à environ 29 km de l'embouchure.

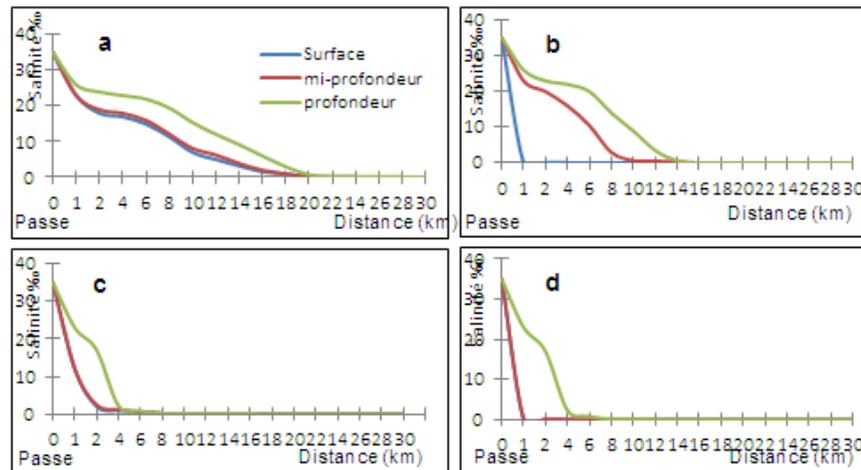
Le débit moyen du fleuve en cette période est de 10 m³/s (Lecole, 1971.)

Tableau 1:-récapitulatif des mesures de salinité en étiage

STATION 1											
heure	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Surface(‰)	24,1	25	24	20	15	16	17	18	16	16,5	23
Fond (‰)	25	26	26	26,2	25	24	23,5	22	22	21,5	24
STATION 2											
Surface(‰)	25,5	26	23	15,23	1,92	0,47	1	4,65	11,28	17,56	20,93
Milieu (‰)	25,5	26	25	22	22	21	21	21,5	20	22	22
Fond (‰)	25,6	26,1	25	24	24,2	25	24	24	24	25	26
STATION 3											
Surface(‰)	19,58	19,63	18,94	17,37	2,32	0,64	1,39	2,08	5,27	13,84	23
Fond (‰)	25	26	26	25,14	24,09	23,69	22,7	22	21,49	22,12	24
STATION 4											
Surface(‰)	24,5	24,67	25,2	16	5	7,07	8,86	9,38	9,38	21,89	23,57
Milieu (‰)	25	25	26	22	19,34	14,83	15	16	20	24	24,5
Fond (‰)	25,42	25,66	26	25	24	24	22	21	22	25	26

En crue, pendant le flot (figure 2c) et en surface, il se produit un mélange entre l'eau douce et l'eau salée. La salinité moyenne est de 12‰. En profondeur, elle atteint rapidement 23‰. En remontant l'estuaire vers l'amont, les salinités baissent brutalement. En surface, on passe rapidement de 12 à 0,9‰. La couche d'eau affectée par ce mélange atteint en moyenne le fond de -3 m. En profondeur, la dessalure est tout aussi brusque car on passe de 23 à 4‰. La couche d'eau concernée est plus mince. Pendant le jusant (figure 2d), on perçoit une nette stratification de la tranche d'eau. En période de crue, l'estuaire est sous influence fluviale donc continentale. L'influence marine ne se perçoit qu'en marée haute, seulement sur quelques dizaines de mètres de l'embouchure.

Le débit moyen en crue étant de 2000 m³/s (Lecole, 1971.)

**Figure 2:-** Evolution de la salinité dans l'estuaire : a) étiage flot, b) étiage jusant, c) crue flot, d) crue jusant

Morphologie de l'estuaire:-

La figure 3 représente la carte bathymétrique de la partie Sud de l'estuaire jusqu'aux environs du pont de N'Zida. Les profondeurs varient de 0 à 8 m. Quelques hauts fonds se rencontrent surtout au droit de l'embouchure où les profondeurs ne dépassent pas 0,5 m. Ces hauts fonds sont souvent saisonniers. En période d'étiage, plusieurs bancs sableux se développent et obstruent les chenaux. Le principal banc est celui situé au droit de l'embouchure. Il obstrue le chenal principal de la lagune Tagba et émerge en une île colonisée par la végétation. En crue, certains bancs immergent et les sables sont progressivement remobilisés par les courants.

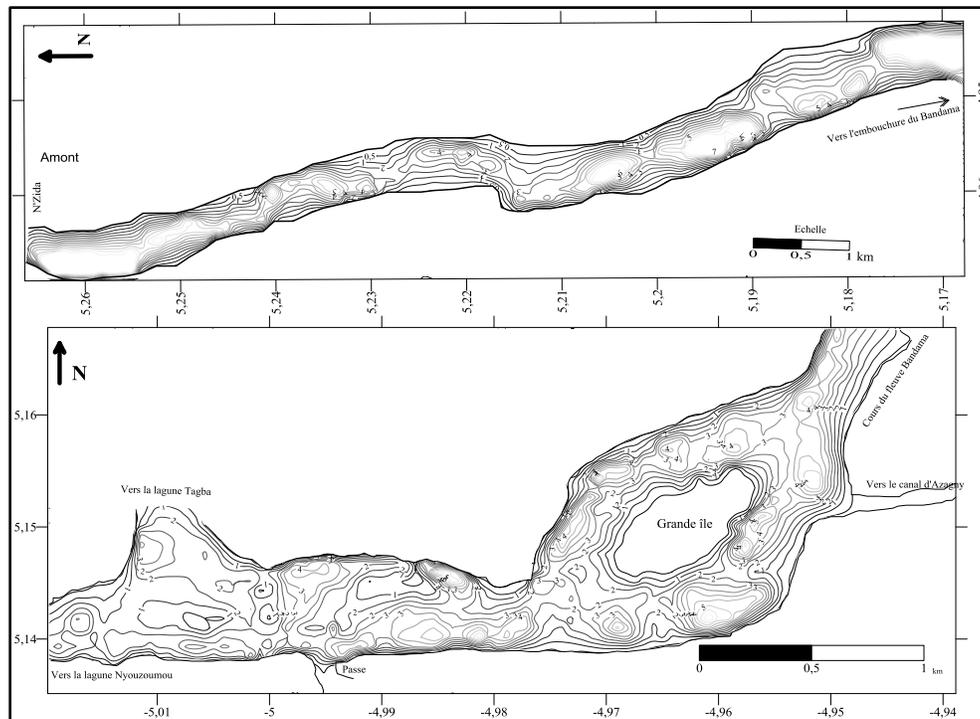


Figure 3:- Carte bathymétrique de l'estuaire du fleuve Bandama (Wognin, 2004)

Granulométrie des sables de l'estuaire:-

La figure 4 montre la répartition des faciès granulométriques et leurs histogrammes de fréquence. (Wognin, 2004). Cette répartition fait apparaître trois (3) zones dont les limites sont grossièrement dessinées.

La partie nord de la lagune Tagba et la zone immédiatement au Nord de la grande île sont constituées de sables moyens à très fins. En effet, l'histogramme de fréquence montre une distribution unimodale avec une classe entre 1,25 mm et 0,063mm. Du côté de la lagune Nyouzoumou, à l'extrémité Est de la passe, se trouve un faciès de sables fins à très fins. La distribution est unimodale avec une prédominance de sables fins. La partie ouest de la passe est constituée de sables dont la taille varie de 0,8 mm à 0,063 mm avec un pic à 0,1 mm.

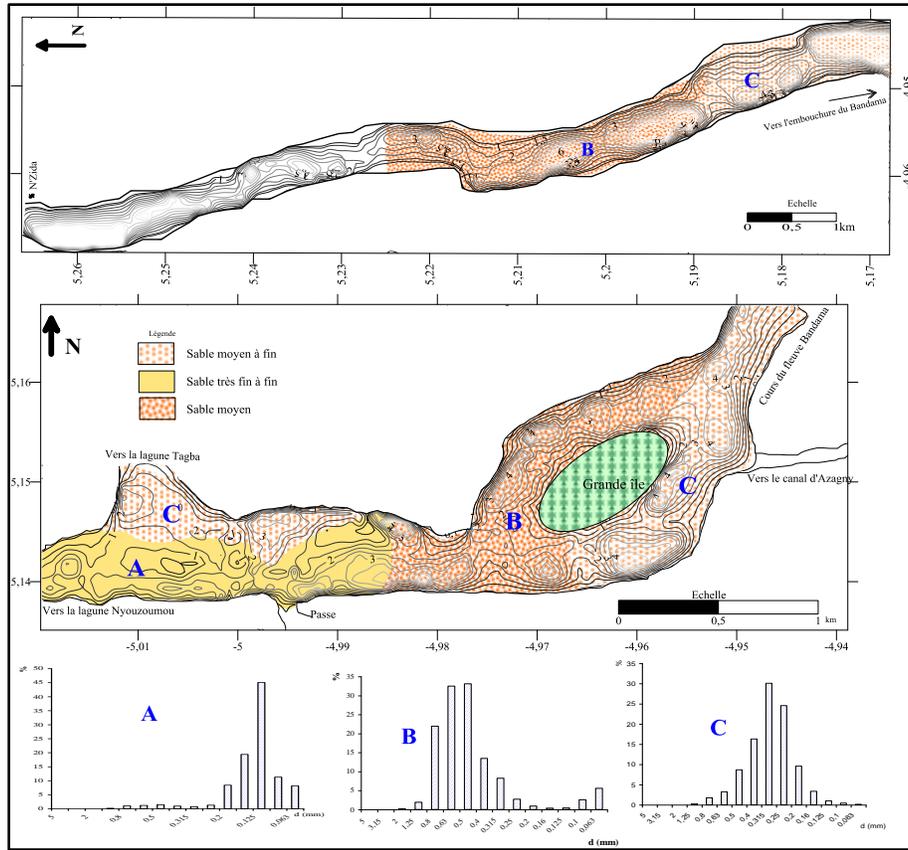


Figure 4:- Distribution des faciès granulométriques dans l'estuaire (Wognin,2004)

Morphologie de la passé:-

Les caractéristiques morphologiques et l'emplacement de l'embouchure varient très rapidement avec les saisons et en fonction des forces hydrauliques (courants de marée, force des vagues, débit fluvial, dérive littorale,...).

En 1912, l'exutoire du Bandama se situait à proximité de la grande île. C'est depuis 1952 que le Bandama passe par la lagune Tagba pour atteindre la mer à travers une passe percée dans le mince cordon sableux qui constitue le grau de Tagba (Abe *et al.*, 1993). L'observation des photos aériennes de l'embouchure dégage deux types morphologiques liés aux conditions du milieu au moment de la prise de vue. Ces types de morphologie schématisés sur la figure 5 montrent qu'en période d'étiage, la largeur de la passe est très réduite (≈ 70 m). Sur le bord Est s'accumulent d'importantes quantités de sables marins permettant au cordon Est d'évoluer progressivement vers l'Ouest. En période de crue, la flèche sableuse formée sur le bord Est au cours de l'étiage disparaît pour faire place à une passe élargie (plus de 200 m). A ces phénomènes saisonniers s'ajoutent les variations morphologiques dues aux tempêtes.

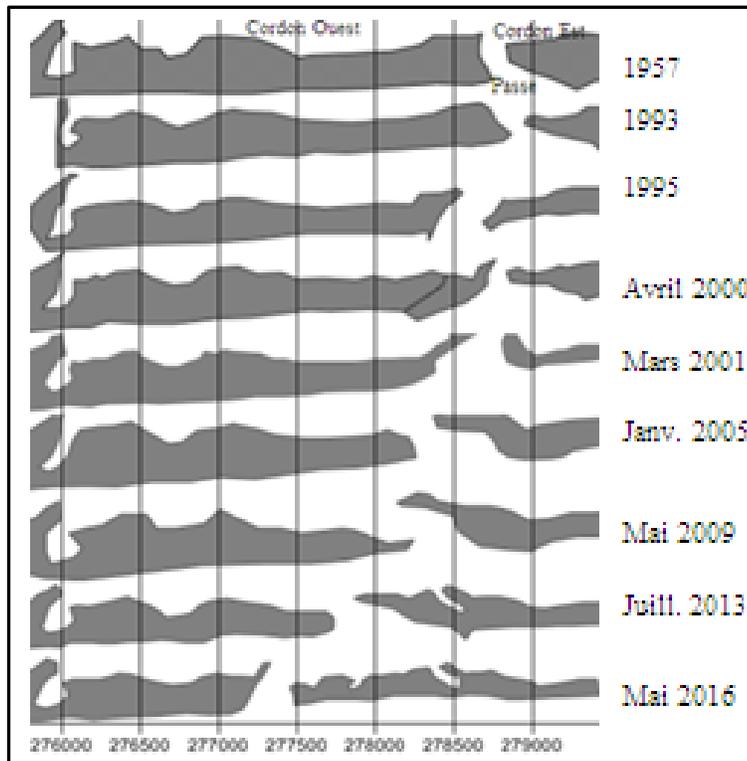


Figure 5:- Dynamique de la flèche littorale et migration de l'embouchure du fleuve Bandama de 1957 à 2016

Suivie de l'érosion à l'embouchure du fleuve Bandama:-

L'analyse des données (images satellites, photographies aériennes, etc.) montre d'importants changements d'année en année (Figures 5 et 6). Cependant, pour suivre l'évolution de l'embouchure du fleuve Bandama, il convient de distinguer le phénomène de la migration de l'embouchure vers l'ouest (ou dynamique de la flèche littorale) et celui du dynamisme du trait de côte.

Concernant la cinématique du trait de côte, sur environ 3 km de côte étudiée, seuls quelques 300 mètres constituent une zone d'accumulation saisonnière de sédiments : il s'agit de la berge Est de la passe. Le recul du trait de côte de 1957 à 1995 est-il estimé à environ 46,7 m avec une vitesse résultante de 1,23 m/an. (Tableau 2)

Tableau 2:- Récapitulatif de la cinématique du trait de côte de 1957 à 1995

	1971	1986	1988	1993	1995
1957	4,2 m	13,05 m	22,37m	28,17 m	46,73 m
	0,3 m/an	0,45 m/an	0,72 m/an	0,78 m/an	1,23 m/an

Processus hydrosédimentaires de la migration de l'embouchure du Bandama:-

Les processus d'érosion et de sédimentation à l'embouchure du fleuve Bandama restent complexes en raison des interactions dynamiques entre l'estuaire et les transits littoraux. Sur les estrans particulièrement soumis à l'action, des vagues, l'érosion y est très active. L'observation des différents facteurs permet de distinguer deux principales forces érosives : la houle principalement sur la côte, et les eaux fluviales, sur la partie Nord des berges.

En effet, la baisse considérable du régime du fleuve surtout en la période estivale, entraîne le colmatage progressif de l'embouchure par des dépôts marins. S'ajoute les conditions hydrodynamiques (obliquité de la houle par rapport à la côte) qui engendrent une dérive locale favorisant la construction de la flèche littorale Est. Le cordon Est s'allonge alors au détriment du cordon Ouest qui s'érode. Celui-ci est découpé par le débit fluvial et les courants de flot et de jusant engendré par la marée dynamique. L'embouchure migre ainsi vers l'ouest. Entre 1957 et 2016, l'embouchure a migré d'environ 1800 mètres vers l'ouest. La vitesse moyenne résultante est 30,5 m/an soit 2,5 m/mois ! (figure 5, 6 et 7).

En crue, et surtout pendant le jusant, le débit du fleuve est assez fort ($2000\text{m}^3/\text{s}$) pour éroder la berge Ouest et remobiliser en partie la flèche littorale construite en étiage. La passe est alors élargie (environ 200m) mais ne retrouve pas sa position initiale.

Le cordon Est, Malgré les phases d'alimentation, demeure étroite, basse et fragile. Sa largeur ne dépasse pas 20 mètres et sa hauteur par rapport au niveau marin est de 3 mètres maximum. Sur ce cordon, s'observe des entailles, progressivement comblées qui suggèrent les récents emplacements de la passe.



Figure 6:- Migration de l'embouchure du fleuve Bandama de 1957 à 2016

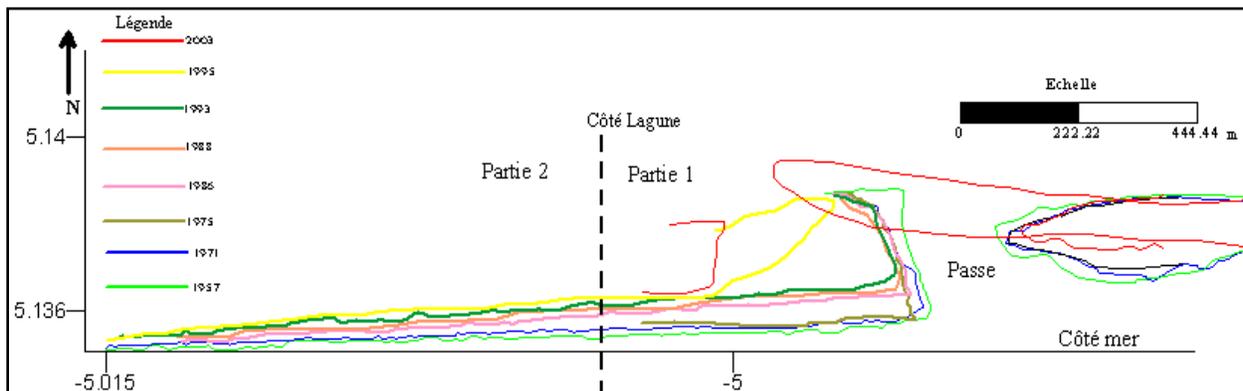


Figure 7:- Evolution des cordons Est et Ouest de l'embouchure du Bandama de 1957-2003 (Wognin *et al.*, 2005)

Discussion:-

Le trait de côte et la flèche littorale à Grand-Lahou connaissent une érosion certaine. Cependant, ces entités n'évoluent pas à la même vitesse. L'évolution de la flèche littorale et l'érosion de la berge Ouest de la passe sont très importantes. De 1957 à 2003, soit en 46 années, la berge Ouest de l'embouchure a reculé de plus de 500 m. Cette avancée spectaculaire de la flèche littorale suivie de l'érosion de la berge Ouest de l'embouchure a été signalée par Abé *et al.* (1993) qui estime la vitesse d'érosion à 11 m/mois. Cependant, l'érosion de la côte est moins spectaculaire. Le recul est 0,45 m/an pour la période de 1957 à 1986 et de $2,16\text{ m.an}^{-1}$ pour la période de 1986 à 1993. Hauhouot *et al.* (1997) estiment le recul du trait de côte de 1957 à 1986 à 0,3m/an et celui de la période de 1986 à 1993 à 2 m/an. Koffi *et al.* (1991) estiment le recul de la période de 1985 à 1990 à 2,5 m/an.

Notons que sur une courte période (quelques mois), la vitesse de l'érosion est très importante ($83,4\text{ m.an}^{-1}$ de 1993 à 1995 au niveau de la rive Ouest de la passe). Mais, l'estimation sur une longue période, prenant en compte les périodes turbulentes et les périodes de faibles agitations donne des vitesses d'érosion de moindres importances.

La migration de l'embouchure et la variation de sa morphologie ne sont que la résultante de l'érosion qui elle-même est la conséquence de l'hydrodynamisme et des facteurs anthropiques.

En définitive, le débit fluvial et la houle sont les principales forces hydrauliques responsables de l'érosion de la berge Ouest et donc de la migration de l'embouchure du fleuve. En effet, Robin *et al.* (2004) identifient trois types de risque côtiers dont les risques associés au repli côtier et ceux liés aux débits des fleuves dans les passes lagunaires. A cela s'ajoute l'action des courants lagunaires et des facteurs anthropiques (barrages, prélèvement de

sable, mangrove...). Aussi, dans le contexte actuel de changement climatique, et de hausse du niveau marin, les risques de submersion marine ne sont pas à écarter.

Conclusion:-

L'estuaire du Bandama est en permanence soumis aux actions de la houle, de la marée et du débit fluvial.

Le transit littoral (issu des facteurs hydrodynamiques) entretient la dynamique de la flèche littorale qui selon les saisons, modifie la morphologie et l'emplacement de la passe. L'estimation du recul du trait de côte et les témoignages recueillis à Grand-Lahou, nous font penser que l'érosion à Grand-Lahou est un phénomène continu, périodiquement accéléré ou amoindri. Mais les données à notre disposition ne permettent pas de conclure sur la cyclicité du phénomène.

Il est urgent aujourd'hui de rechercher les conditions d'équilibre de ce milieu afin de stabiliser cette passe, si l'on veut préserver ce qui reste de la ville historique de Grand-Lahou et ses potentialités économiques.

References:

1. Abe, J., Bakayoko, S., Bamba, S.B., Koffi, K.P., (1993) : Morphologie et hydrodynamique à l'embouchure du fleuve Bandama. Jour. Ivoir. Océanol. Limnol. Vol. 2,(2), 9-24.
2. Akou Don Franck V L. : (2015) : La « demaritimisation » de la vie socioéconomique dans le département de Grand-Lahou (Sud de La Cote D'ivoire). Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement, n° 2, 2015 pp136-145
3. 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.
4. CAPDEL (2006) : Schéma directeur pour le développement du département de Grand-Lahou, Tome I, Etude de diagnostic socioéconomique. Abidjan, 87p
5. 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., 269-276
6. 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,(2), 47-60.
7. Lecole, J., (1971) : Sédimentologie des fonds lagunaires et estuariens. Variations morphologiques saisonnières de l'embouchure d'un fleuve en climat intertropical (le Bandama, Côte d'Ivoire). Cahiers Orstom Série géologique. III, (2), .89-220.
8. Lemasson, L., Rebert, J.-P (1973) : Les courants marins dans le golfe ivoirien. Cahier. Orstom., ser. Oceanogr. Vol XI, (1), 67-95
9. Lévêque C., Dejoux C. et Iltis A. (1983) : Hydrobiologia 100 : pp 113-141 , ORSTOM
10. Martin L.(1977) : Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Travaux et documents de l'ORSTOM N° 61
11. Robin M., Hauhouot C., Affian K. Anoh P. Alla D.A Pottier P. (2004) : Les risques côtiers en Côte d'Ivoire. Bulletin de l'Association de Géographes Français Volume 81 n° 3 pp 298-314
12. 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, 34 p.
13. Varlet, F., (1958) : Le régime Atlantique près d'Abidjan, Côte d'Ivoire, Essai d'océanographie littorale. In : Etudes Eburnéennes. T.7, 222 p.
14. Wognin, A. V., (200) : Caractérisation hydrologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) Thèse doctoratunique es Sc. Nat, Université de Cocody 195p
15. Wognin, V.A., Affian, K., Monde, S., Coulibaly, A., Aka, K., (2005) Grand-Lahou (Côte d'Ivoire), ville menacée de disparition par l'évolution morpho-sédimentaire de l'embouchure du fleuve Bandama. Africa Geoscience Review, vol. 12, (4), 321-334.