

# Modèle de circulation des eaux dans l'estuaire du fleuve Bandama en Côte d'Ivoire. Incidences des régimes fluviaux et des conditions de marée

## *Waters model circulation in the estuary of Bandama (Ivory Coast). Rivers flows and condition's incidence*

### V. WOGNIN

Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université de Cocody 22 B.P. 582 Abidjan 22. Côte d'Ivoire  
ama\_valerie@yahoo.fr

### S. MONDÉ

Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université de Cocody 22 B.P. 582 Abidjan 22. Côte d'Ivoire

### K. AFFIAN

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection Université de Cocody.  
22 B.P. 801 Abidjan 22

### A. COULIBALY

Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody 22 B.P. 582 Abidjan 22. Côte d'Ivoire

### K. AKA

Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody 22 B.P. 582 Abidjan 22. Côte d'Ivoire

#### Résumé

Dans l'estuaire du fleuve Bandama, les échanges entre les eaux continentales et marines diffèrent d'amont en aval. En amont de la zone de pénétration, la dessalure est progressive sur toute la tranche d'eau alors que la stratification des eaux est plus prononcée en aval, où l'évolution de la salinité se fait par des plans verticaux homogènes sauf au maximum de flot. Lorsque le niveau de l'eau est stabilisé et que les courants sont nuls, les salinités continuent de croître pendant l'étalement de haute mer et de décroître pendant l'étalement de basse mer. L'augmentation se poursuit à la reprise des courants de jusant tout comme la diminution pendant la reprise des courants de flots.

Les conditions optimales d'observation de la pénétration maximale des eaux marines se situent pendant l'étiage du fleuve Bandama et à la marée de vives eaux. A cette période, la marée de salinité se ressent jusqu'à environ 31 km de l'embouchure alors que la marée dynamique est perceptible jusqu'à environ 70 km.

Sur le plan de la morphologie, l'estuaire du Bandama présente trois chenaux principaux séparés par des hauts fonds émergeant en période d'étiage ou par des îlots occupés par des plantations. La profondeur moyenne est de 3,5 m. Toutefois à proximité de N'Zida, elle est de 15 m probablement à cause du dragage réalisé lors de la construction du pont. D'une manière générale, des berges au chenal principal, les pentes sont abruptes souvent quasi verticales.

**Mots-clés :** Bathymétrie, Marée dynamique, Marée de salinité, Estuaire du Bandama

#### Abstract

In the estuary of the river Bandama, the relations between the sea waters and the river waters are different from upstream to downstream. The upstream of the inlet zone is characterized by a progressive desalination through the water column whereas in the downstream the stratification of the water is notable. In this area, the evolution of the salinity is homogeneous vertical except to the maximum of tide. When the water level stabilized and the current flows are null, salinities continue to grow during the slack of open sea and to decrease during the slack of low tide. The tide increasing process is on while the resumption of the ebb currents is on. The decrease of the tide is made during the resumption of the flood currents.

The observation optimum conditions of the maximum penetration of marine water are during the low water level of the river and with spring tide. At this period, the tide of salinity is can be noticed approximately 31 km far from the mouth whereas the dynamic tide is noticed at approximately 70 km from the mouth.

As far as the morphological aspects are concerned, the estuary of Bandama presents 3 principals channels separated by shoals emerging in period of low water level or by small islands occupied by plantations. The average depth is 3,5 m. However near N'Zida, the depth is about 15m probably because of the dredging carried out during the bridge construction. Generally, at the banks to the principal channel, the slopes are abrupt, often almost vertical.

**Key words :** Bathymetry, dynamic tide, tide of salinity, Estuary of Bandama

## INTRODUCTION

L'estuaire du fleuve Bandama à Grand-Lahou, sur le littoral de Côte d'Ivoire, constitue l'interface entre les milieux fluvial, lagunaire et marin. Situé entre les 4°26 et 5°20 de latitudes Nord et d'autre part entre 4°20 et 5°20 de longitudes Ouest, l'estuaire du fleuve Bandama, et les plans d'eaux adjacents, constituent pour les populations de riveraines, de véritables supports de subsistance car l'activité économique principale et traditionnelle de cette population est la pêche. Ce système hydrologique, de direction Est-Ouest, a une longueur de 50 km et couvre une superficie de 190 km<sup>2</sup>. Il est constitué de quatre petites lagunes dont la lagune Tagba qui

communiquent avec la mer par le seul exutoire, l'embouchure du fleuve Bandama (Fig. 1). Tous ces plans d'eau présentent des problèmes de navigation à cause des hauts fonds. Si par "pratique", on riveraines plus ou moins bien l'emplacement des hauts fonds et des zones de turbulence, il est important de comprendre le mécanisme de la circulation des eaux pour une meilleure navigation. La présente note propose un modèle hydrologique de cet environnement mixte à Grand-Lahou. En outre, elle analyse de récentes données bathymétriques et les processus des marées de salinité et dynamique dans cet estuaire du Bandama afin d'en dégager un modèle hydrologique.

## CONDITIONS HYDROLOGIQUES GÉNÉRALES

### Régimes climatiques du bassin versant du Bandama

Le bassin versant du fleuve Bandama est constitué par le bassin versant du N'Zi (dont la superficie est de 35500 km<sup>2</sup>), le bassin versant du Bandama rouge (24300 km<sup>2</sup>) et du bassin versant du Bandama blanc. Le débit moyen du fleuve en crue (septembre) est de 1645 m<sup>3</sup>/s et en étiage (janvier) de 25 m<sup>3</sup>/s.

Sur ce bassin versant coexistent trois régimes climatiques. Le régime tropical de transition caractérise le Nord du bassin. Les précipitations annuelles sont assez abondantes (1250 à 1750 mm) et se regroupent principalement pendant les mois de juillet à

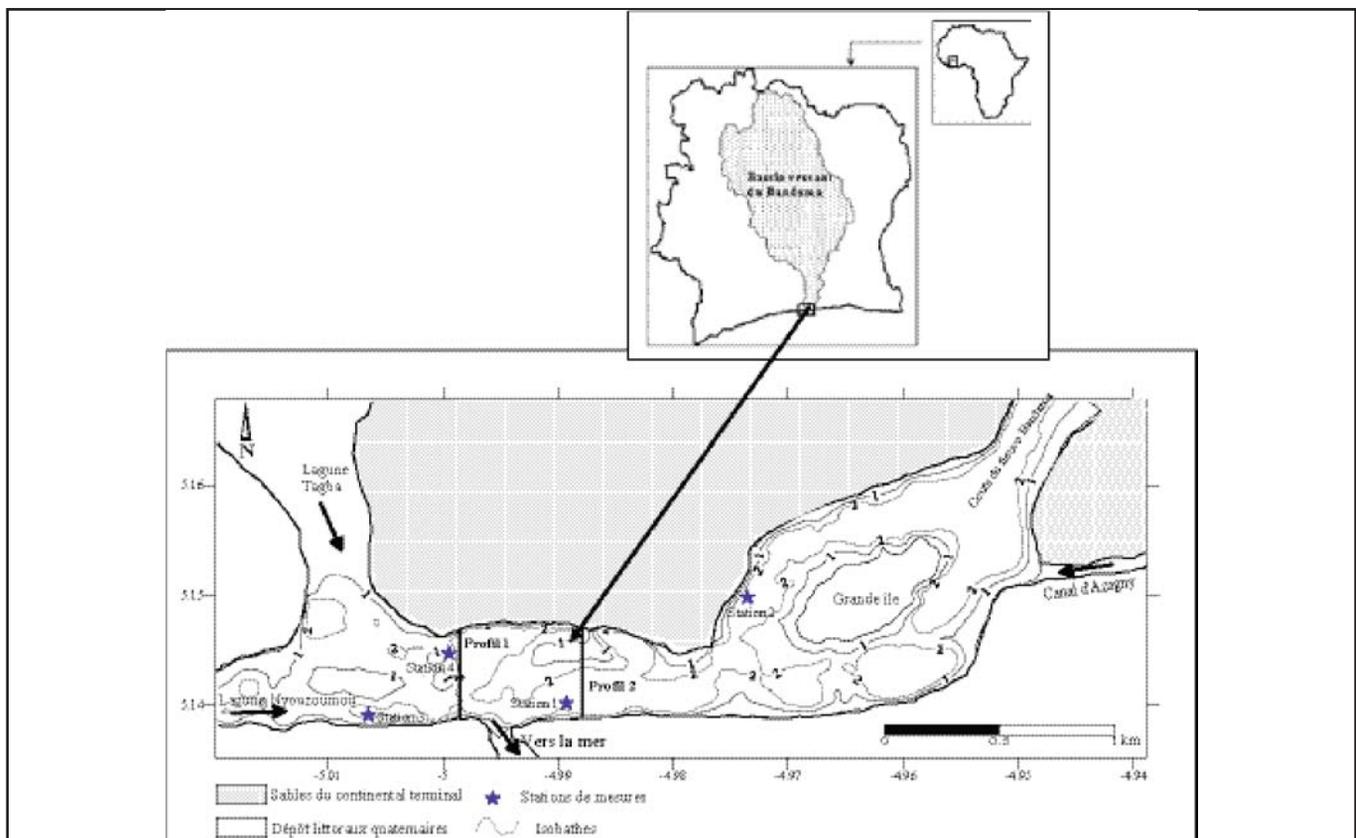


Figure 1 : L'estuaire du fleuve Bandama à Grand-Lahou

septembre. Ces précipitations font place à la saison sèche de novembre à avril. Le régime équatorial de transition atténué est typique de la région centrale du bassin du Bandama. Il est caractérisé par deux saisons de pluies (mars-juin et septembre-octobre) avec des précipitations irrégulières et abondantes et; par deux saisons sèches (juillet-août et novembre-février) avec quelques précipitations isolées. Le régime équatorial de transition est le régime du Sud du bassin. Il est caractérisé, également par deux saisons de pluies (avril-juillet et septembre-novembre) et deux saisons sèches (novembre à mars et juillet-septembre).

### L'estuaire du Bandama

A l'exutoire, le fleuve Bandama est relié dans sa partie orientale à la lagune Ebrié par le canal d'Azagny, et dans sa partie Ouest à la lagune de Grand-Lahou. La passe de Grand-Lahou constitue

l'unique débouché en mer du système lagunaire et du fleuve Bandama. L'hydrologie à l'embouchure est sous l'influence des régimes du Bandama, des cours d'eau côtiers et des saisons marines et continentales. Ainsi de :

- janvier à avril, est une période de saison sèche. Le système lagunaire est sous influence marine ;
- mai à août, la période est dominée par le régime des cours d'eau côtiers ;
- septembre à décembre est la période des grandes crues. Durant cette période, tout le système lagunaire est sous l'influence du Bandama.

Les paramètres océaniques sont ceux d'une côte microtidale (0,5 à 1,5 m de marnage), de moyenne à forte énergie. La houle qui provient du secteur SSW, attaque le rivage avec une période de 10 à 11 secondes et une hauteur significative  $H_{1/3}$  comprise entre 1 et 1,80m. En outre,

l'orientation de la côte et la nature des formations remaniées confèrent une dynamique sédimentaire au transit général Ouest-Est. Toutefois, aux abords du Trou Sans Fond (Abidjan), ce transit littoral est perturbé aussi bien par les structures de protection (Tastet et al, 1985) que par la morphologie de la tête du canyon du Trou Sans Fond (Aka, 1991 ; Monde, 1997).

### MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour suivre l'évolution de la morphologie de l'estuaire et du fleuve Bandama, il a été effectué des levés bathymétriques. Ce levé bathymétrique a été réalisé à l'aide d'un échosondeur couplé à un récepteur GPS. Sur l'estuaire, les mesures ont été effectuées suivant des radiales perpendiculaires au rivage et espacées de 50 à 100 m. Elles débutent à environ 3 m du rivage. Une radiale transversale établie le long des chenaux a été effectuée pour un croi-

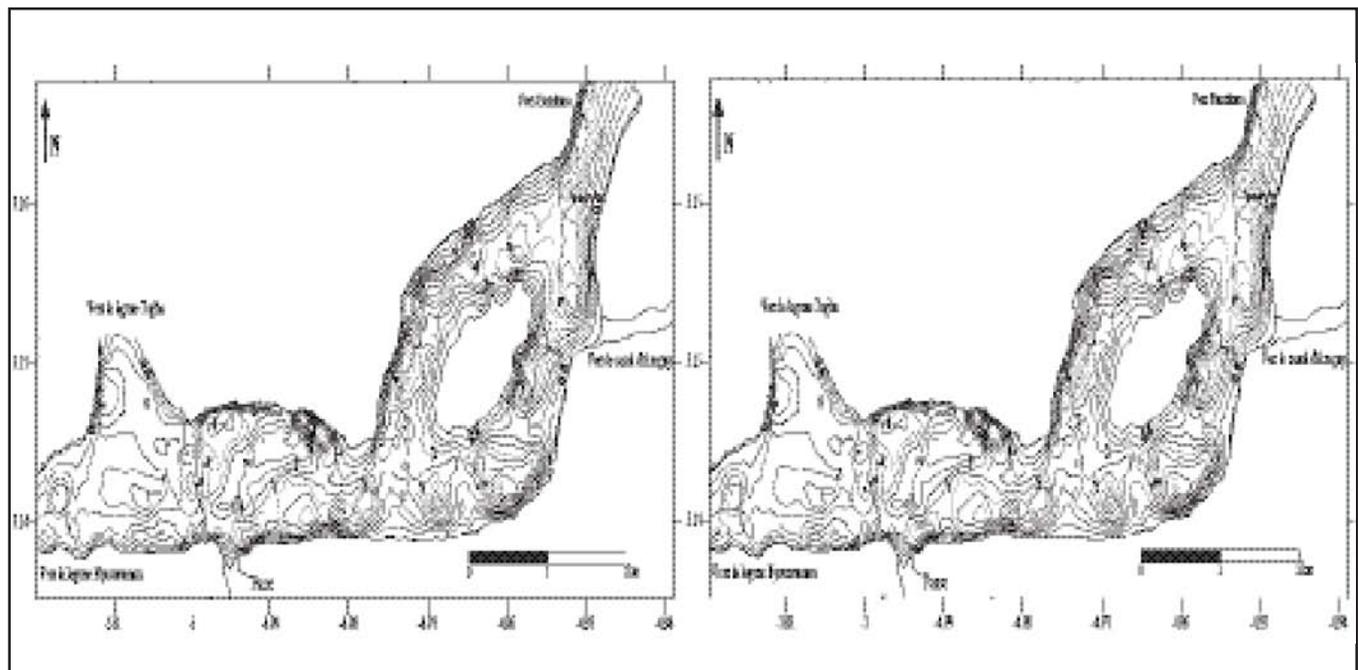


Figure 2 : Carte bathymétrique de la partie sud de l'estuaire du Bandama

sement avec les radiales perpendiculaires aux lignes de rivage. Au laboratoire, les sondes sont corrigées et traitées au moyen du logiciel Surfer pour établir la carte bathymétrique du plan d'eau. A chaque point, la sonde réelle est obtenue après avoir ajouté à la sonde lue sur l'échosondeur la profondeur d'immersion du transducteur, et après avoir ajouté ou retranché le mar-nage. La correction marégra-phique a été faite à partir de l'an-nuaire des marées de 2001 du S.H.O.M. (marine française). Le niveau de côte de référence pour

tous les levés est le phare dont la côte est de 11 m (par rapport au niveau moyen de la mer). Le levé bathymétrique a été réalisé à la fin de la période de crue du Bandama (octobre).

Les mesures de salinité ont été faites "in situ" pendant un cycle de marée dans quatre stations fixes puis, de façon éparse afin de couvrir tout le plan d'eau. Chacune de ces stations est sous l'influence des trois milieux pré-cités (lagunaire, fluvial, et marin). Les quatre stations sont réparties dans l'estuaire. Ainsi la

station 1 est située dans le chenal fluvial à environ 200 m de la passe. La station 2 est située à environ 4 km de la passe tou-jours dans le chenal fluvial en remontant le fleuve vers l'amont. La station 3 est située dans le chenal de la lagune Nyouzoumou, à environ 200 m de la passe. La station 4 est située au quai d'accostage nord du Bac dans le chenal de la lague-ne Tagba à environ 1 km de la passe (Fig 1).

En ce qui concerne les matières en suspension, les eaux pré-levées ont été filtrés au labora-toire au moyen d'un banc de fil-tration sur des filtres WHAT-MAN circulaires de 47 mm de diamètre et de porosité 0,45 µm préalablement pesés. Après séchage à 45°C à l'étuve, les filtres sont repesés afin de déter-miner les concentrations totales de matières en suspension.

## RÉSULTATS

### Morphologie de l'estuaire

La figure 2 présente la carte bathymétrique de la partie sud de l'estuaire au environ de l'em-bouchure. Les profondeurs varient de 0 à 6,5 m. Quelques hauts fonds se rencontrent en face de l'embouchure mais ils n'excèdent pas 0,5 m. Ces hauts fonds émergent pendant la période d'étiage du Bandama. Trois chenaux principaux sont nette-ment identifiables dans cette partie de l'estuaire. Ce sont :

- à l'Ouest de l'embouchure, le chenal du fleuve Bandama,
- à l'Est le chenal de la lagune Nyouzoumou

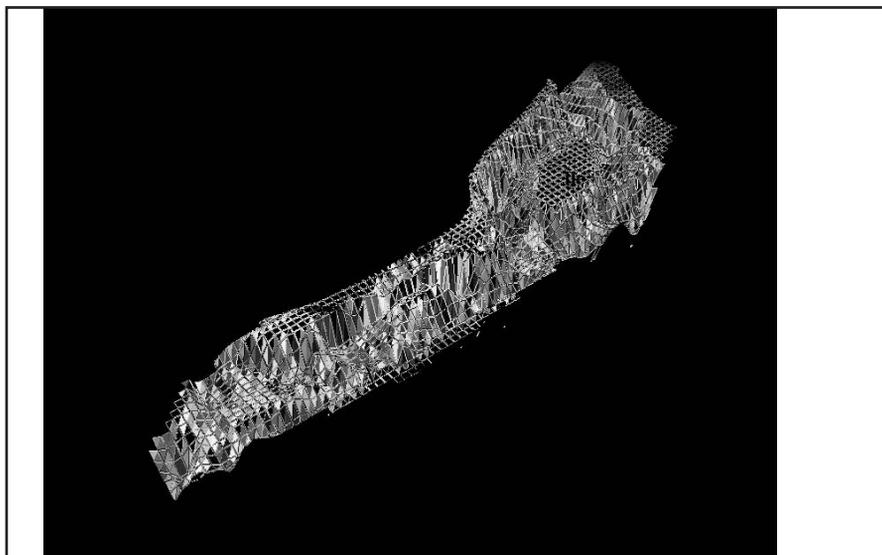


Figure 3 : Le modèle numérique d'élévation du fond de l'estuaire

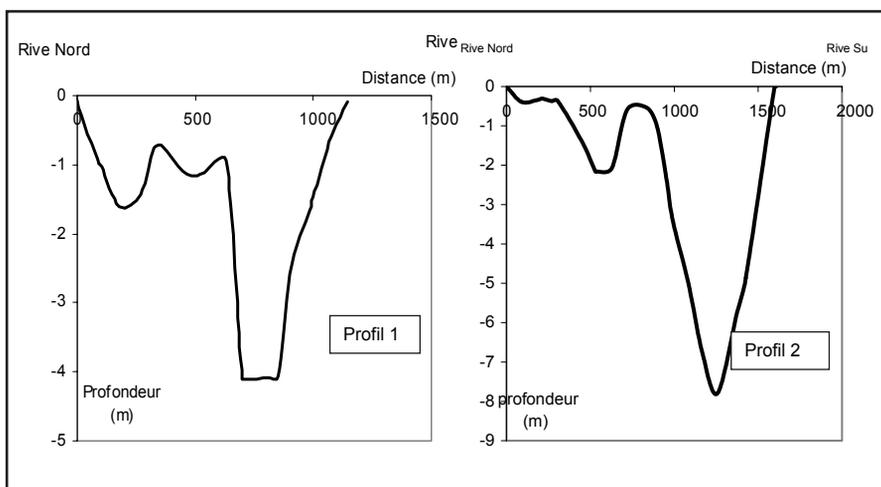


Figure 3 : Le modèle numérique d'élévation du fond de l'estuaire

- et au Nord Est, le chenal de la lagune Tagba.

Ces trois chenaux communiquent avec la mer par l'unique exutoire de Grand-Lahou. Le modèle numérique d'élévation du fond de l'estuaire (Fig. 3) fait apparaître de nombreuses variations morphologiques dans la partie sud l'estuaire. Les profondeurs varient de 3 à 8 m avec des hauts fonds à 0,4 m. Ces hauts fonds sont souvent saisonniers. Ils résultent du front de la marées de salinité ; qui selon les forces antagonistes (flots, jusant ou étales) changent de position (Wognin, 2004).

Les principales zones d'accumulation identifiées sont (Fig. 4) :

- au niveau de la lagune nyouzoumou, à 200 m de l'embouchures dans le chenal principal (profil 1),

- et en face de l'embouchure, dans la zone de confluence des lagunes Nyouzoumou, Tagba et du fleuve Bandama. Cette zone s'observe pendant le flot des eaux marines (profil 2).

Dans ces zones d'accumulations apparaissent des chenaux secondaires par lesquels les eaux arrivent à la mer. En outre, selon les débits fluviaux du Bandama, d'autres zones d'accumulation s'observent dans l'estuaire.

En période d'étiage (janvier à avril), plusieurs bancs de sable marin se développent obstruant temporairement les chenaux et gênant la navigation. Le principal banc est celui en face de l'embouchure. Il obstrue le chenal principal de la lagune Tagba.

Ce haut fond émerge en une île colonisée par la végétation.

En période de crue (septembre à décembre), ces hauts fonds sont immergés et les sables sont progressivement remobilisés.

### Circulation des masses d'eaux dans l'estuaire

La rencontre des eaux marines et des eaux douces détermine des gradients horizontaux et verticaux de salinité dont les caractères dépendent principalement du débit fluvial, du marnage, de l'évolution saisonnière et de la morphologie estuarienne

(Chamley, 1988). Les caractéristiques du milieu estuarien du fleuve Bandama varient de façon saisonnière (crue et étiage) et selon la marée.

### La marée de salinité

La pénétration de l'eau de mer proprement dite dans l'estuaire constitue la marée de salinité dont le front se situe bien en deçà du point extrême atteint par la marée dynamique (à 70 km au Nord de l'embouchure (Monnet, 1972)). Le meilleur moment d'observation de la pénétration maximale de la marée se situe en période d'étiage (février, mars)

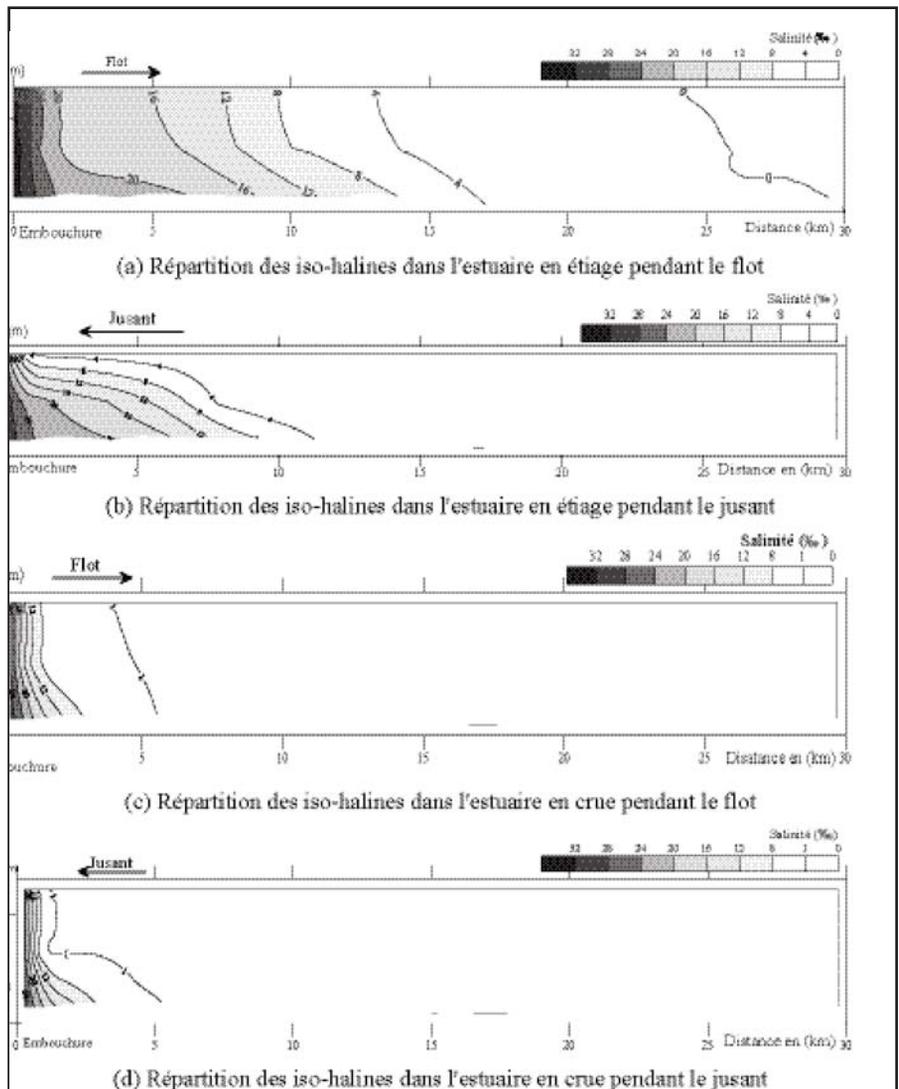


Figure 5 : Répartition des iso-halines dans l'estuaire du Bandama

et en marées de vives eaux. A cette période, la limite maximale de la pénétration de la marée de salinité se situe à environ 31 km de l'embouchure (observation février 1968 par Monnet (1972), et à environ 29 km de l'embouchure (observation mars 2001).

### Evolution de la salinité en étiage

Au cours de la marée de vives eaux et en étiage, les taux de salinité passent progressivement de 32 à 0 ‰ à 29 km de l'embouchure (Fig. 5a). Cela montre que l'eau salée remonte le cours du fleuve jusqu'à environ 29 km au Nord de l'embouchure. La salinité en surface est élevée dans les zones proches de l'embouchure. Lorsqu'on s'éloigne de l'embouchure vers l'amont, la salinité diminue progressivement. Dans tout l'estuaire, la salinité en profondeur est supérieure de la salinité en surface. Pendant le flot, il se produit des mélanges entre l'eau douce et l'eau salée.

En étiage et en marée de vives eaux, à environ 200m de l'embouchure, la salinité en surface est de 23 ‰ et de 26 ‰ en profondeur (Fig. 5a). A environ 2 km de l'embouchure, le mélange est encore important avec une salinité en surface de 18 ‰. Mais, en profondeur elle demeure élevée (24 ‰). A mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure, la salinité sur toute la colonne d'eau diminue. Pendant les périodes de basse mer, la stratification des eaux est très marquée (Fig. 5b). En surface, le débit est plus important mais les eaux conservent leur sens d'écoule-

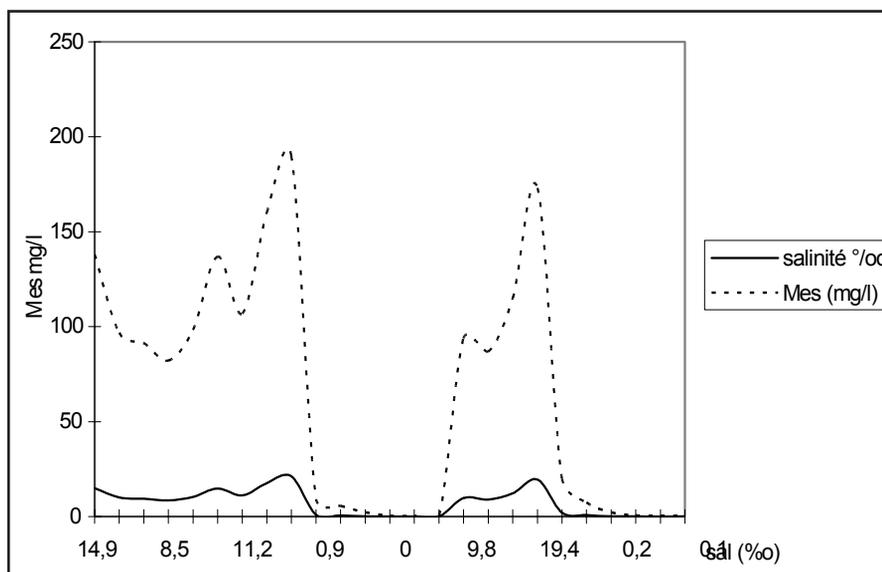


Figure 6 : Évolution des matières en suspension en fonction de la salinité

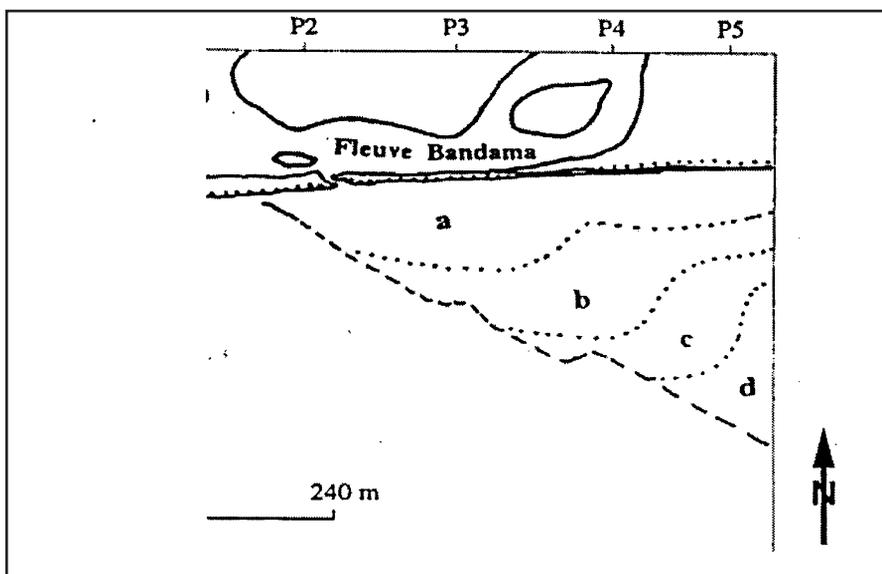


Fig.7 : Teneurs en Azote Ammoniacal de l'eau brute et de l'effluent aux sorties des bassins.

ment. En profondeur, l'eau salée continue de remonter l'estuaire avec une vitesse d'environ 0,05 m/s.

### Evolution de la salinité en crue

Dans l'estuaire, la limite maximale de l'eau salée (Observation octobre 2001) est à environ 15 km de l'embouchure. La limite observée par Lecole (1971) est à 17 km de l'embouchure. En effet, la pénétration de la marée de salinité est étroitement liée au débit fluvial, au coefficient de

marée, à la profondeur de l'estuaire et à la morphologie des fonds.

Pendant le flot, à environ 400 m de la passe, il se produit un mélange entre l'eau douce et l'eau salée en surface. La salinité obtenue est en moyenne de 12 ‰. En profondeur, elle atteint rapidement 23‰. En remontant l'estuaire en 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 de moins 3 m. En profondeur, la dessalure est tout aussi brusque. On passe de 23 à 4 ‰. La couche d'eau concernée est plus mince (Fig. 5c). Pendant le jusant, on perçoit une nette stratification de la tranche d'eau (Fig. 5d).

En période de crue, l'estuaire est sous influence fluviale. Les eaux continentales qui débouchent en mer sont très chargées de matières en suspension. L'influence marine ne se perçoit qu'en marée haute, à quelques 3 km du grau. Les périodes de montée de crue et de décrue sont des étapes intermédiaires où l'estuaire retrouve progressivement ses conditions d'étiage ou de crue.

Pendant les périodes d'étales de haute mer et de basse mer, lorsque le niveau de l'eau est stabilisé et que les courants sont nuls en crue comme en étiage, les salinités continuent de croître (étales de haute mer) ou de décroître (étales de basse mer). Ceci est attribué au phénomène de diffusion (Lecole, 1971).

### Les matières en suspension

La teneur en matières en suspension varie pendant l'étiage du fleuve dans les eaux douces entre 10 et 50 mg/l. Pendant la période de crue, la teneur en matières en suspension atteint par endroit 200 mg/l. L'examen des variations des teneurs en MES dans l'estuaire du Bandama, fait apparaître une corrélation avec la salinité des

eaux (Fig. 6). En effet, la teneur en matière en suspension chute brutalement lorsque la salinité atteint des valeurs proches de zéro. L'évolution de la salinité à la même allure que le taux en matière en suspension.

L'observation à la loupe binoculaire du filtrat montre que ces matières en suspension sont constituées essentiellement de quartz, d'argiles, de feldspath et des débris végétaux. Il s'agit des altérites latéritiques kaoliniques de l'arrière pays continental (Aka, 1994).

Dans l'estuaire du Bandama, "le piège à sédiment", constitué par ce point nodal, mis en place à marée haute par les courants du flot, cesse de fonctionner à marée basse. Le bouchon vaseux formé est expulsé en mer à chaque marée basse. En effet, Affian et al (1993), montre qu'à chaque marée basse, le Bandama expulse en mer un panache turbide dont l'orientation dépend des courants de jusant et des courants de surfaces du plateau continental (Fig. 7). En outre, la figure 7 montre 4 générations de panache turbide expulsées lors de quatre marées basses avant la prise de l'image. Sur le plateau continental, le panache turbide dirigé vers l'Est est à l'origine de la vase signalée par Martin (1971), Tastet (1979) et Aka (1991).

### DISCUSSION

Dans l'estuaire du Bandama, pendant la période de crue, le débit du fleuve est assez fort

pour vaincre la pression de la marée. Ainsi, l'eau douce plus légère, s'écoule t-elle au-dessus de l'intrusion marine. A l'interface, des échanges entre les masses d'eaux ont lieu mais ne perturbent pas la stratification, et le gradient de salinité reste toujours élevé. L'estuaire se comporte alors comme un estuaire à coin salé. En profondeur, l'eau salée s'écoule vers l'amont. Au point nodal, les vitesses du flot et du jusant s'annulent. Ainsi, à la faveur du phénomène de floculation et de décantation, les sédiments en suspension tombent et forment des panaches turbides partiellement ou totalement expulsées en mer pendant le jusant.

Aussi, d'une façon générale, les positions des hauts fonds constitués de sables fins vaseux, correspondent-ils aux zones de confluences des masses d'eaux. En effet, la rencontre entre les vitesses résiduelles vers l'amont et les vitesses résiduelles vers l'aval peut expliquer certaines accumulations de sédiments dans l'estuaire. En effet, dans la zone de rencontre entre les eaux fluviales (jusant) et les eaux salines (flot), les courants diminuent considérablement et s'annulent même dans certains cas au "point nodal". En ce point où la vitesse résiduelle est quasiment nulle, les particules sédimentaires en suspensions s'agglomèrent et tombent sur le fond.

Outre les valeurs de la salinité qui permettent de repérer le point nodal, une chute brutale des concentrations des matières

en suspension peut permettre également de le repérer. Ceci peut expliquer le fait que la variation des concentrations en matières en suspensions varie avec la salinité (Fig. 6). La position de ce point peut être aussi fonction du débit fluvial et du coefficient de marée.

En période d'étiage, le débit du Bandama est de plus en plus faible. La stratification de la colonne d'eau est très réduite. L'écoulement moyen résiduel tend à se diriger vers l'aval sur toute la hauteur d'eau. A cette période, on a un estuaire de type partiellement mélangé. Au maximum d'étiage, l'estuaire peut passer du type partiellement mélangé au type verticalement homogène ou bien mélangé. Les courants de marée sont importants par rapport au débit fluvial. L'intrusion se fera alors sans stratification ou avec une faible variation verticale de la salinité.

D'une manière générale, la distribution de la salinité dans l'estuaire en crue et en étiage montre que l'estuaire du Bandama passe progressivement du type stratifié en période de crue au type partiellement mélangé en période d'étiage. En effet, dans un estuaire, ces types de circulation peuvent coexister selon les régimes fluviaux (Allen et al., 1981). Ainsi dans l'estuaire du Mimizan (France) par exemple, la pénétration du "coin salé" est très prononcée en période de crue alors qu'elle est faible en période d'étiage (Boellmann, 1975).

## CONCLUSION

Le model de circulation des eaux continentales et marines à l'embouchure du fleuve Bandama varie suivant le régime hydrologique de chaque masse d'eau. En crue, l'estuaire est de type stratifié. En étiage l'estuaire est de type partiellement mélangé. Au maximum d'étiage, l'estuaire passe du type partiellement mélangé au type verticalement homogène ou bien mélangé.

En étiage et en marée de vives eaux, la pénétration des eaux marines est maximale. La marée de salinité se fait ressentir jusqu'à environ 31 km de l'embouchure alors que la marée dynamique est perceptible jusqu'à 70 km de la passe.

La carte bathymétrique permet une navigation plus aisée dans l'estuaire. Elle met en évidence les hauts fonds dont les positions semblent coïncider avec celles du point nodal ■

## BIBLIOGRAPHIE

- Affian K., Jourda P., Aka K., Abe J. 1993. Caractérisation du panache turbide d'un fleuve en zone intertropicale à l'aide d'une image HRV de Spot : cas du Bandama en Côte d'Ivoire. *Actualités Scientifiques. Actes des journées scientifiques de Tunis 1993*, Presses de l'Université du Québec, Canada, pp.205-213.
- Aka K. (1991) La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire Essai de modélisation. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Univ. Abidjan, 233p.
- Aka K. (1994) Distribution des matières en suspension dans les eaux de la plate-forme continentale de Côte d'Ivoire. *Journal of African Earth Sciences*, vol. 20, n°1, pp.29-35.
- Allen G.P., Casting P. et Tastet J.P. (1981)

Excursion géologique sur l'estuaire de la Gironde. Assoc. Sédim. France, CFP, IGBA, 112p.

Boellmann F., (1975) Transits sédimentaires et évolution des embouchures sur le littoral d'Aquitain (région de Mimizan, Landes), Thèse 3ème cycle, Fac. Sci., Université de Bordeaux I, n°1217, 102p.

Chamley H. (1988) Les milieux de sédimentation. BRGM édition, 173p. ISBN BRGM 2 - 7159-0399-5

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, pp.89-220.

Martin L. (1971) The continental margin from Cape Palmas to Lagos: bottom sediments and submarine morphology. *Repport 70/16*, Institute of geological Sciences, London, pp.83-93

Monde S. (1997). Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de Côte d'Ivoire. Aspects morphologiques et sédimentologiques. Université de Cocody, Thèse Doctorat 3ème cycle, n°257/97, 200p

Monnet C. (1972) Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte d'Ivoire. Evolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire. Thèse de Doctorat es Sciences, Université de Nice, 427p.

Tastet J.P. (1979) Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golf de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo et Bénin) Thèse Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux I, n°621, 175p.

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. *Rapport Université Abidjan-Port Autonome d'Abidjan*, 34p.

Wognin V. 2004. Caractérisation hydrologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuve Bandama. Thèse Doctorat. Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 195p.