

Analyse temporelle de l'hydrodynamisme du secteur estuarien de la lagune Ebrié à Abidjan (Côte d'Ivoire). Impact de la variabilité climatique

MONDE Sylvain, AFFIAN Kouadio, AMANI E. Mireille, WOGNIN Valérie A., COULIBALY Aoua S., AKA Kouamé

RÉSUMÉ

Les baies estuariennes présentent des morphologies symétriques par rapport à l'axe central de la lagune Ebrié. Dans les chenaux étroits, les courants sont exclusivement alternatifs. Durant un cycle de marée, le déchet présente un niveau d'eau moyen de 0,93 m. Les courants du flot et du jusant durent respectivement 5 et 7 h avec un marnage de 0,60 m. Par contre, le revif se caractérise par un niveau moyen de 0,96 m. Les variations de salinité en lagune s'agencent dans les saisons lagunaire, continentale et marine et dépendent des fortes précipitations et des crues fluviales. L'évolution de la température des eaux est sujette aux précipitations et aux débits fluviaux.

Mots-clés : baies, estuaire, hydrodynamisme, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Estuarine bays present symmetrical morphologies according to the central axis of the Ebrié lagoon. Inside the narrow channels, streams are exclusively alternatives. During one tide cycle, waste presents an average water level of 0.93 m. Flood and ebb streams, with a marling of 0.60 m, last for approximately 5 and 7 hours, respectively. On the other hand, a mean level of 0.96 m characterizes the revif. Lagoons salinity variations are arranged in lagoon, continental and marines seasons. Also they depend on strong precipitations and rivers floods. The evolutions of water temperatures are prone to precipitations and river flows.

Key-words: bays, estuary, hydrodynamic, Ebrié lagoon, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Les baies constituent des milieux de réception des matières en suspension et des matières dissoutes. En dehors des échanges sédimentaires convoyés depuis l'arrière pays continental, les apports d'origine anthropique constituent une part importante des flux sédimentaires qui comblent les baies. Les baies constituent un milieu relativement renouvelé depuis l'ouverture du canal de Vridi. Les apports d'eaux continentales sont constitués pour les 2/3 de ceux du Comoé. Ce fleuve qui débouche à l'extrémité orientale de la lagune, eu égard à l'importante fluctuation du volume de sa crue, contribue à une forte variabilité interannuelle (Durand et Guiral, 1994).

Les caractéristiques morphologiques de la lagune Ebrié (contour des baies et bathymétrie) lui confèrent une circulation complexe. La présente étude traite de l'hydrodynamisme de la baie de Biétri, située dans un environnement confiné ainsi que la baie de Cocody et la bathymétrie de l'ensemble de la lagune du secteur du grand Abidjan (Figure 1).

la carte des lagunes de Côte d'Ivoire (Tastet, 1979) et les minutes de sondes du port d'Abidjan (Paa, 1999) ont servi de support à l'établissement de la carte bathymétrique du secteur d'étude. A partir des minutes de sondes le logiciel de cartographie (Surfer) a généré des isobathes et permis ainsi de quantifier les phénomènes sédimentaires.

Un courantomètre à Effet Doppler de type DCM12 (anderaa) a été utilisé pour déterminer la vitesse d'écoulement dans une colonne d'eau à différente profondeur d'une station donnée et durant un cycle de marée, au sein des baies concernées. Ce courantomètre donne, en outre, la variation du niveau de l'eau en temps réel et la direction du courant. Ainsi, les vitesses de courant mesurées pendant la montée du niveau d'eau, au-dessus du courantomètre, sont comptées positives. Ces vitesses sont comptées négatives pendant la descente du niveau d'eau.

L'utilisation d'un sondeur OBS-3A pour l'acquisition de données hydrodynamiques en continu pendant

I. MÉTHODOLOGIE

Le levé bathymétrique des feuilles n°4 et n°5 de

Université de Cocody
Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Terre et des
Ressources Minières.
Laboratoire de géologie marine et de sédimentologie
22 B.P. 582 Abidjan 22, Fax. +225 22445270, monde_sylvain@yahoo.fr

20 mois, s'est faite dans le port d'Abidjan. Il est équipé de capteurs (température, pression et salinité), dont le seuillage a été défini, en usine en fonction des caractéristiques hydrologiques de la lagune.

II. RÉSULTATS

2.1 Carte bathymétrique de la lagune Ebrié

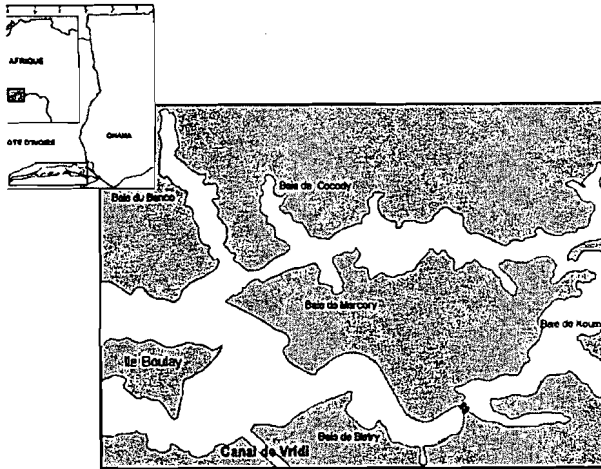


Figure 1 : La lagune Ebrié et les baies estuariennes d'Abidjan

La carte bathymétrique de la lagune Ebrié permet de distinguer plusieurs unités :

- (i) de l'île Deblay à l'île Boulay, elle est principalement constituée d'un chenal principal orienté globalement Est-Ouest qui représente les 3/5 de la lagune Ebrié. Les profondeurs variables permettent de distinguer des hauts fonds et des creux. L'élément topographique caractéristique de ce chenal est une morphostructure qui se localise au large de la région de Dabou (Figure 1). C'est une dépression de 20 km de long. Sa largeur est comprise entre 1 et 3 km. Cette morphostructure (M1) à une direction N90° avec une profondeur supérieure à 12 m. Les pentes varient entre 0,1 et 2,5%. Les faibles pentes s'observent au large de Dabou où les apports de l'Agnéby créent une zone de haut-fond (Tastet, 1979). Par contre, les fortes pentes se localisent avant l'embouchure de l'Agnéby.
- (ii) de l'île Boulay à l'île Désirée, la lagune est peu profonde (5 m) avec de grandes morphostructures dans le bassin central et;
- (iii) de l'île Désirée à l'île Vitrié, le chenal central Est a une profondeur qui varie de 2 à 5 m.

Interprétations

- de l'île Désirée à l'île Vitrié : Ces unités lagunaires correspondraient à des vallées ennoyées lors de la transgression holocène et comblées partiellement par les apports fluviaux (Tastet, 1979).
- de l'île Deblay à l'île Boulay : Ce long chenal occupe un compartiment structural bas emprunté par l'Agnéby. Les apports de ce dernier ont comblé partiellement

la dépression lagunaire à l'Est de l'exutoire actuel du fleuve en créant ainsi la zone de hauts-fonds de l'unité morphologique.

- Dans la région d'Abidjan, la configuration des chenaux lagunaires profonds montre une convergence vers le canyon du Trou sans fond. Ceci indique que le bassin central de la lagune Ebrié (bassin central) est en fait, le «bassin de réception» du canyon sous-marin. Ces

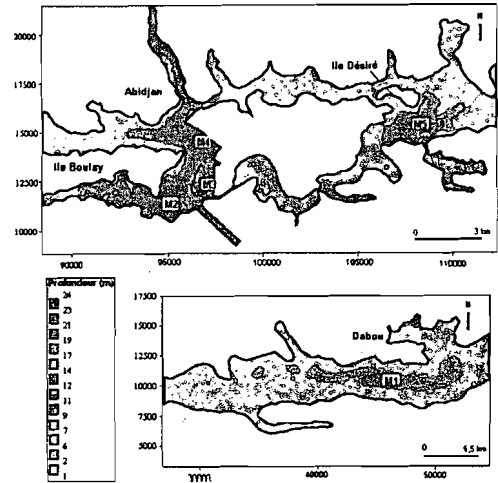


Figure 2 : Morphostructures (M) dans les chenaux de la lagune Ebrié

morphostructures (Figure 2) s'observent à l'entrée du chenal Sud de l'île Boulay (M2) et près des quais (Sud et Nord) du port d'Abidjan (M3 et M4). Les morphostructures M3 et M4 ont une direction N180° et se localisent dans le chenal principal de navigation portuaire (Tableau). Ce secteur est très souvent dragué en raison du trafic maritime. Ainsi, les fortes pentes se localisent à proximité des quais et les plus faibles, dans le chenal de navigation.

Tableau : Caractéristiques de quelques morphostructures de la lagune Ebrié

	M1 (Dabou)	M2 (I. Boulay)	M3 (Q. Sud)	M4 (Q. Nord)	M5 (I. Désirée)
Longueur (km)	3	1,65	1,65	1,55	12,5
Largeur (km)	1	0,2	0,3	0,2 - 0,8	1 - 6
Profondeur (m)	-12	-4,75	+2,35	-4,70	-5
Pente du rebord (%)	0,1 -2,5	0,7 - 7	0,6 - 2,5	0,23 -2,3	0,3

Le chenal central Est de la lagune Ebrié est parsemé d'îles (îles Désirée, Vitrié, etc.). Il a une profondeur moyenne comprise entre 2,5 et 5 m. En outre, il présente une grande dépression à proximité de l'île Désirée. Cette morphostructure (M5) est longue de 12,5 km avec une largeur variant entre 1 et 6 km. Sa profondeur est de 20 m et son inclinaison de 0,3%. Aussi, le chenal central Est présente un grand nombre de petites dépressions (Monde 2004).

2. 2. Hydrodynamisme en lagune Ebrié

2. 2. 1. Marnage et hauteur d'eau

L'analyse des variations de hauteur d'eau des pleines et des basses mers quotidiennes, montre que le niveau moyen est de 1,01 m. Le marnage en vive eau varie de 0,55 à 0,80 m. En morte eau, le marnage est plus faible puisqu'il varie de 0,30 à 0,35 m. Le déchet dure 8 jours tandis que le revif est plus court, il dure 7 jours (Figure 3).

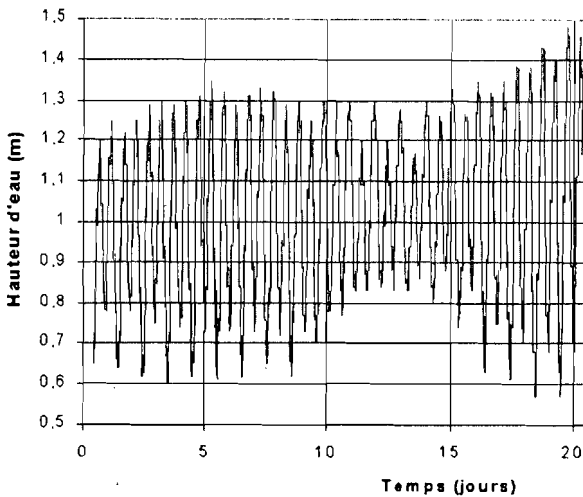


Figure 3 : Evolution de la hauteur d'eau (mesures OBS) en lagune Ebrié

La courbe d'évolution de la moyenne journalière de la hauteur d'eau en lagune Ebrié sur une période de 200 jours présente trois domaines (Figure 4).

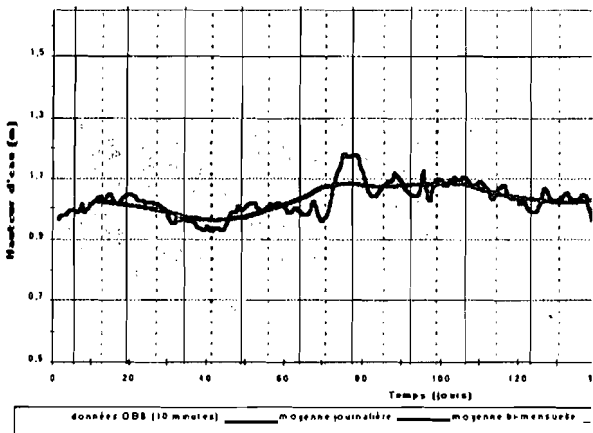


Figure 4 : Evolution de la hauteur d'eau, à différentes fréquences, en lagune Ebrié

De février à avril (1er-40^{ème} jour), elle part d'un niveau relativement bas (0,95 m), passe par un maximum (1,05 m) et redescend à une faible hauteur (0,90 m) au bout du 40^{ème} jour. La dénivelée engendrée est de 0,10 m.

D'avril à juin, soit du 40^{ème} jour au 120^{ème} jour, la courbe est d'abord croissante, puis elle passe 0,90 à 1,09 m au bout du 65^{ème} jour. Elle se stabilise à cette

hauteur jusqu'au 108^{ème} jour avant de décroître pour atteindre la valeur 1,0 m. La dénivelée calculée est de 0,15 m.

Le troisième domaine de la courbe part de la fin juin à août soit 120^{ème} jour au 200^{ème} jour. Dans cette partie de la courbe, on observe une pente croissante qui passe de 1,05 à 1,07 m pour se stabiliser ensuite à 1,06 m du 160^{ème} jour.

Cette courbe montre en définitive une évolution selon une allure sinusoïdale du niveau de la lagune. Les variations de la hauteur d'eau présentent des «anomalies», entre le 70^{ème} (fin avril) et 80^{ème} jour (début mai), dues à la surcote fluviale produite après les crues de l'Agnéby et La Mé (Durand et Guiral, 1994). De février à juin, la hausse progressive de la hauteur d'eau est due aux précipitations (période de transition entre les saisons de pluie continentale et lagunaire) et aux apports de La Mé et de l'Agnéby. De juin à août, la baisse de la hauteur du plan d'eau lagunaire est due à la rareté des précipitations. En effet, la petite saison sèche continentale débute et la saison de pluie lagunaire s'achève. Toutefois, la crue du Comoé permet un marnage moyen de 0,10 m.

2. 2. 2. Salinité des eaux lagunaires

L'allure de la courbe (figure 5) est en général sinusoïdale. Elle présente trois parties essentielles :

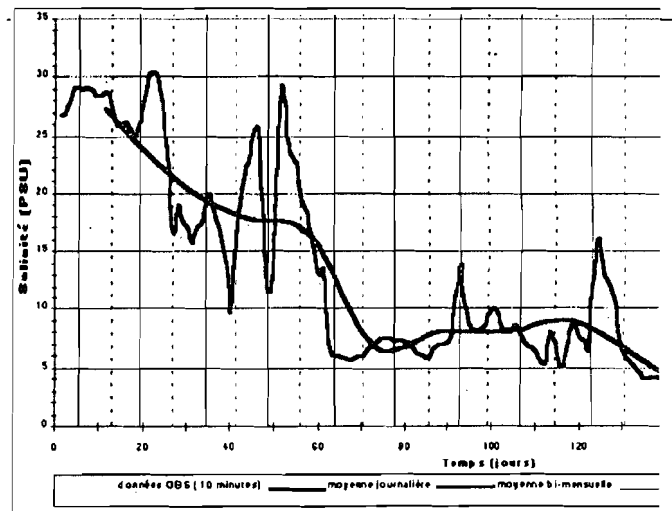


Figure 5 : Salinité de la lagune Ebrié

De 0 à 65 jours, la courbe évolue dans les valeurs maximales de salinité (30,5 PSU). Dès les 28^{ème} jours, la courbe part de 27 PSU, passe à 29 PSU et descend à 25 PSU. Elle croit progressivement pour atteindre la valeur maximale de 30,5 PSU au 22^{ème} puis décroît à 16 PSU au 28^{ème}. Dans l'intervalle de 28 à 40 jours, la salinité augmente et diminue alternativement pour descendre à 10 PSU. Entre le 40^{ème} jour et 64^{ème} jour, elle oscille entre les valeurs de 17 à 25,5 PSU avant d'accéder à un

taux relativement faible de 6 PSU au 64ème jour.

De 64 à 130 jours, l'allure de la courbe évolue dans les valeurs moyennes de la salinité. Elle oscille entre 5 et 16 PSU avant de baisser à 6 PSU au 130ème jour. Dans cette deuxième partie le taux maximal de la salinité atteint est de 16 PSU et le minimum est de 5 PSU.

De 130 à 200 jours, l'allure de la courbe évolue dans les plus faibles taux de salinité. Elle vacille entre 2 PSU, le taux minimum et 6 PSU, taux maximal.

Les variations de salinité en lagune se présentent en «marche d'escalier». Ces paliers coïncident avec les saisons lagunaire, continentale et marine de la Côte d'Ivoire. Le premier palier (février – avril) est le plus élevé. La forte salinité due à l'absence des précipitations (saison sèche), aux faibles apports fluviaux liés à l'étiage du Comoé et surtout aux apports marins (saison marine forte salinité). La seconde «marche d'escalier» s'observe d'avril à août. La salinité est faible car non seulement les précipitations sont abondantes mais aussi, c'est la période de crue de l'Agnéby et de La Mé. La fin de ce dernier palier correspond aux dernières grandes précipitations et surtout à la crue du Comoé (Monde, 2004 ; Girard et al., 1971 ; Brenon et al., 2004) d'où l'observation d'une salinité encore plus faible. Ces résultats confirment l'impact des précipitations et des apports fluviaux (crue et étiage des fleuves et des rivières forestières) sur la salinité des eaux de la lagune. En effet, les fortes précipitations, les domaines lagunaire et continental, et les crues des fleuves réduisent le taux de salinité. Par contre, la rareté des précipitations et l'étiage des fleuves permettent des taux élevés.

2. 2. 3. Évolution de la température

La figure 6 présente l'évolution de la moyenne journalière de température en lagune Ebrié. L'allure de la courbe est généralement sinusoïdale. Elle est subdivisée en trois domaines :

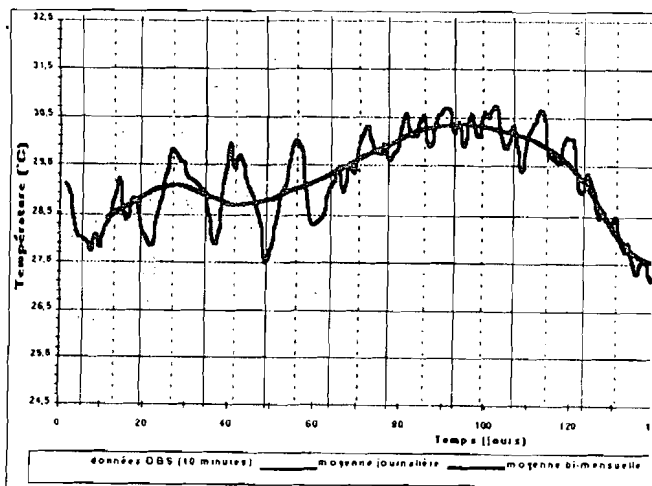


Figure 6 : Température de la lagune Ebrié à différentes fréquences

De 0 à 60 jours, l'allure de la courbe évolue dans un domaine de température moyenne. Elle vacille entre les valeurs de 27,5°C à des valeurs au dessus de 29,5°C.

De 60 à 140 jours la courbe atteint les valeurs maximales de la température au dessus de 30,5°C. Dans l'intervalle de 60 à 125 jours, l'allure de la courbe croît et décroît respectivement et de façon alternative entre les températures au dessus de 28,5 et 30,5°C. Au 125ème jour, elle diminue jusqu'en dessous de 27,5°C.

Du 140 à 200ème jour, c'est le domaine de faible température. La courbe oscille entre 25,5 et 28,5°C.

La température augmente durant la première phase où elle passe de 28 à 30,50°C. Cette augmentation est due aux saisons sèches lagunaire et continental. Pendant ces périodes, les précipitations sont faibles et les apports du Comoé sont presque nuls (période d'étiage). Dans le second domaine, la courbe est décroissante. Cette baisse de température s'explique par les abondantes précipitations (des saisons des pluies lagunaire et continentale) et par la crue de La Mé et de l'Agnéby. La dernière phase présente une évolution monotone. Les températures oscillent entre 26 et 27°C. Ce palier s'étend de la mi-juillet à août. La baisse des températures est due aux fortes précipitations et à la crue du Comoé (Monde, 2004).

Outre les apports fluviaux, la mer contribue à l'évolution des températures (Durand et Guiral, 1994 ; Eldin, 1971 ; Pages et al., 1979 ; Arfi et al., 1989 ; Affian, 2003). En effet, de la mi-mars et la mi-juin, les alizés du Sud-Ouest franchissent l'Équateur. Ils atteignent la Côte d'Ivoire et engendrent la mousson. Ces vents réguliers sont générateurs de remontées des eaux froides vers la surface ou upwellings. En juillet, la mousson remonte vers le Nord du pays : Les pluies cessent et les vents se stabilisent ainsi que les upwellings. Pendant la période d'upwellings, une masse d'eau profonde se met en place. Au terme de cette période, les eaux guinéennes se répandent le long du littoral ivoirien qui se trouve ainsi baigné par des eaux chaudes de l'ordre de 28°C (Morliere et Rebert, 1972).

III- INTERACTION DES PARAMÈTRES HYDRO-DYNAMIQUES

3-1 Corrélation Salinité / Hauteur d'eau

La variation de la salinité en fonction de la hauteur d'eau en lagune Ebrié présente deux phases (figure 7). La première phase part de décembre à avril. Aux fortes salinités correspondent les faibles hauteurs d'eau. Cela est dû à la grande saison sèche, à l'étiage du Comoé, de la Mé et de l'Agnéby et à la petite saison froide

marine. Dans la seconde phase (avril à juillet), lorsque la hauteur d'eau croît, la salinité décroît et inversement. Par exemple, d'avril à juillet, la hauteur d'eau est faible contrairement à la salinité qui est élevée. Cela est dû à la grande saison des pluies, à la grande saison chaude marine et aux crues de la Mé et de l'Agnéby. De juillet à décembre, la salinité est faible lorsque la hauteur d'eau est forte, c'est la période de crue du Comoé, de la petite saison sèche suivie de la petite saison des pluies.

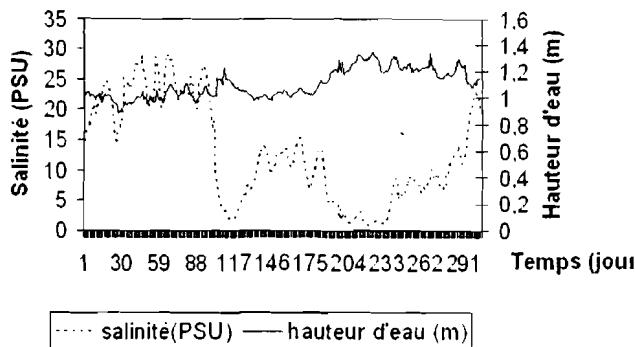


Figure 7 : Interaction entre la salinité et la hauteur d'eau

3-2 Corrélation Température / Salinité

La variation de la salinité en fonction de la température présente deux phases. Dans la première, de décembre à avril, la salinité et la température présentent de fortes valeurs à cause de la grande saison sèche, de la petite saison froide marine et de l'étiage du Comoé, de la Mé et de l'Agnéby. Dans la seconde phase, lorsque la salinité croît, la température décroît et inversement. Par exemple, d'avril à juillet, la température atteint son minimum lorsque la salinité augmente légèrement. Cela s'explique par la présence de la grande saison des pluies, à la crue de la Mé et de l'Agnéby et à la grande saison chaude marine. Aussi, de juillet à décembre, la salinité atteint son minimum puis croît à nouveau alors que la température augmente progressivement. Cette période correspond à la crue du Comoé, à la petite saison sèche et à la petite saison chaude marine (figure 8).

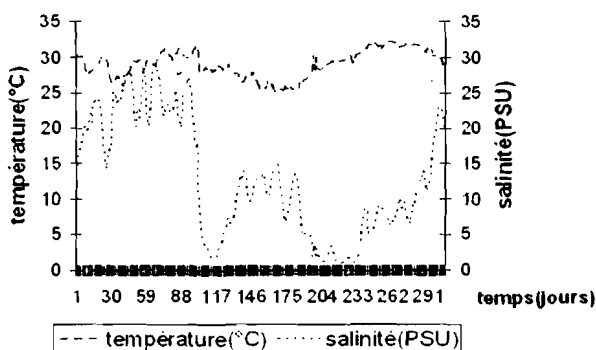


Figure 8 : Interaction entre la salinité et la température

3-3 Corrélation Température / Hauteur d'eau

La température et la hauteur d'eau évoluent en dent de scie. Aux fortes températures correspondent

les fortes hauteurs d'eau et inversement. Les saisons marines froides et les saisons sèches expliquent les baisses de températures et de hauteurs d'eau. Par contre, les hausses de températures et de hauteurs d'eau sont dues aux grandes saisons chaudes et aux grandes saisons de pluies (figure 9).

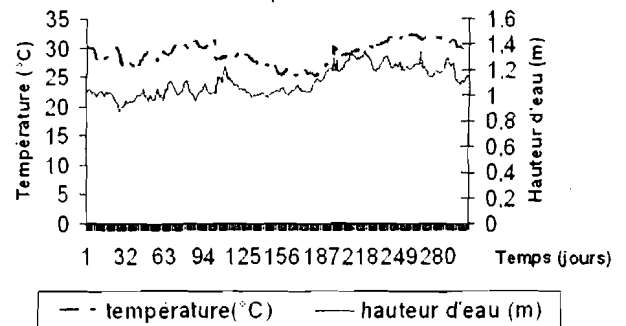


Figure 9 : Interaction entre la hauteur d'eau et la température

IV- DISCUSSIONS

L'étude des corrélations entre les différents paramètres hydrodynamiques montre que durant la saison de pluie, la température de la lagune Ebrié est inférieure à celle de l'atmosphère. Les apports fluviaux et l'abondance des précipitations vont réduire le taux de salinité de la lagune, tout en augmentant la hauteur de l'eau. Ainsi on observe durant la saison sèche l'augmentation de la salinité, de la température et la baisse de la hauteur d'eau. Les données de décembre 2002 à décembre 2003 ont été comparées à celle de février 2002 à septembre 2002 (Monde, 2004). Ces analyses présentent les moyennes mensuelles déduites des mesures journalières.

4-1 Température

La température TI (février à septembre 2002) croît de 28,45 à 30,32°C de février en mai. Elle décroît progressivement jusqu'à 26,56°C en août. La température TII (décembre 2002 – décembre 2003) croît de 28,69 à 30,76°C de février à avril. Elle décroît progressivement jusqu'à 25,66°C en août. Les courbes ont sensiblement la même allure. La variation entre TI et TII est de l'ordre de 0,85°C (figure 10), ce qui est très faible.

Figure 10 : Évolution des moyennes mensuelles de température

4-2 Salinité

Dans la figure 11, l'évolution de la salinité SI est décroissante. Elle passe de 27,46 à 8,22 PSU de février à mai. Ensuite elle présente un palier à 8,88 PSU en juin, puis décroît pour atteindre 2,85 PSU en août. La salinité SII décroît de février à juin (24,58 à 3,64 PSU).

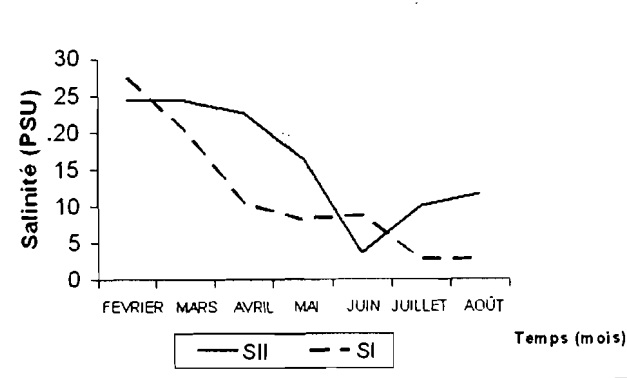
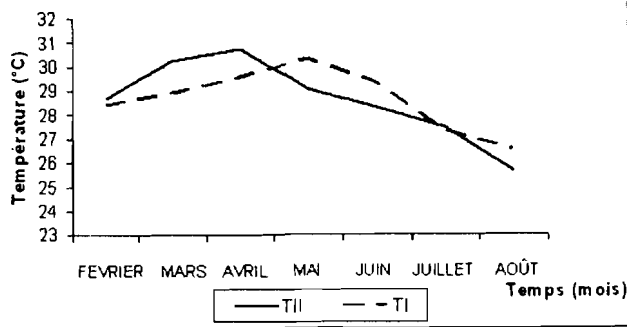


Figure 11 : Evolution des moyennes mensuelles de la salinité

Toute fois à partir de juin, les salinités SI et SII varient de façon inverse.

4-3 Hauteur d'eau

La hauteur d'eau HI passe de 0,97 à 1,2 m (mars à juin) puis, elle décroît jusqu'à 1,01 m de juin à août. La hauteur d'eau HII connaît aussi la même évolution. Elle augmente de 0,99 à 1,11 m de février à juin, puis baisse jusqu'à 1,04 m (août). Les hauteurs d'eau des deux études restent très proches car elles présentent une variation de 0,1 m (figure 12).

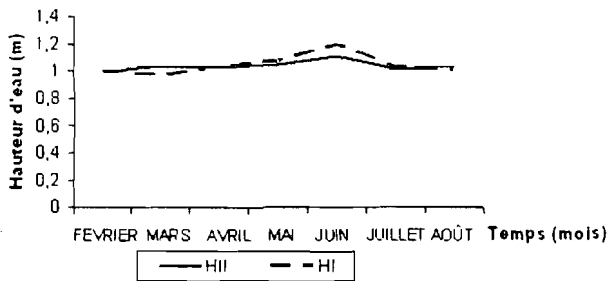


Figure 12 : Evolution des moyennes mensuelles de la hauteur d'eau

4-4 Rythme saisonnier

L'analyse comparative des cycles saisonniers, de la présente étude avec celles de Dufour (1982) et de Monde (2004), met en évidence un léger décalage. Cet écart saisonnier est de l'ordre d'un mois. Ce décalage

serait lié aux changements climatiques (Jancovici, 2000) et il se présente comme suit :

- une grande saison sèche (décembre-mars), les précipitations sont rares, les températures sont maximales avec une salinité élevée avec l'étiage du Comoé ;
- une période de transition (mars-avril) les températures sont faibles ;
- une grande saison des pluies (avril-juin), les précipitations sont élevées, les températures sont minimales avec la crue de la Mé et de l'Agnéby ;
- une petite saison sèche (juin-août), les précipitations sont faibles, les températures sont minimales avec une salinité nulle et la crue du Comoé ;
- une petite saison des pluies (août-décembre), les précipitations sont faibles, les températures augmentent avec une salinité faible et la crue du Comoé.

L'étude comparative des paramètres hydrodynamiques de la lagune Ebrié donne des informations d'une année à une autre. En effet, les variations de température (0,85°C), de hauteur d'eau (0,1 m) et de salinité (7 PSU) sont très faibles. En outre, un décalage du cycle saisonnier a été mis en évidence. Il est de l'ordre de 1 mois.

CONCLUSION

La lagune Ebrié présente un chenal irrégulier de -12 m avec de nombreuses morphostructures. Le dynamisme de la lagune est très complexe. Dans un cycle de marée, le déchet présente un niveau moyen de 0,93 m. Le jusant prédomine sur le flot en durée et en intensité dans les baies, permettant ainsi le renouvellement des eaux lagunaires. Dans les baies estuariennes, les directions du courant sont généralement alternatives. Dans la baie de Cocody les vitesses des courants sont proportionnelles à l'allure de l'onde de marée semi-diurne. Par contre dans la baie de Biétri, le caractère alternatif n'apparaît pas. Ainsi, les courants sont alternatifs dans les chenaux étroits et giratoires dans les zones étendues.

L'hydrodynamisme dans les baies estuariennes montre que la variation de salinité sont synchrones des cycles saisonniers. Mais, les fortes précipitations et les crues des fleuves la réduisent. Les températures des eaux en lagune présentent une hausse lors des faibles précipitations et de l'étiage du Comoé. Par contre, la baisse de température est due aux abondantes précipitations et aux débits fluviaux.

L'étude de l'évolution de la salinité, de la température et de la hauteur d'eau dans la lagune Ebrié est régie par les apports fluviaux (crue et étiage du Comoé, de

l'Agnéby, de la Mé), les saisons marines (grande et petite saison chaude, grande et petite saison froide) et les saisons continentales (grandes et petites saisons sèches, grandes et petites saisons de pluies).

Ces différents paramètres hydrodynamiques sont dépendants les uns des autres. Durant la saison des pluies, les fleuves en crue se déversent dans la lagune. Il va s'en suivre, la baisse de la température et de la salinité, tandis que la hauteur d'eau va augmenter. La saison sèche est marquée par l'étiage des fleuves, de la croissance de la température et de la salinité puis de la baisse du niveau de la hauteur d'eau. Les abondantes précipitations et les apports fluviaux, continentaux, marins augmentent le niveau d'eau. Ces mêmes phénomènes, conditionnent aussi l'évolution des températures dans le milieu lagunaire, lors de la saison des pluies, les températures baissent. Ce qui montre l'étroite relation entre la température et la salinité.

Les variations de température, de hauteur d'eau et de salinité sont très faibles. En outre, un décalage du cycle saisonnier a été mis en évidence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AFFIAN K. 2003**, Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire), par des études géochimiques, bathymétriques et hydrologiques : contribution du S.I.G. et de la télédétection. Thèse Doctorat, Université Cocody, 225p.
2. **ARFI R., GUIRAL D., TORRETON J.P, 1989**. Cycle hydrologique annuel d'une baie eutrophe : La baie de Biétri (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Revue d'Hydrobiologie Tropicale, 22(4) 263-273.
3. **BRENON I., MONDE S., POUVREAU N., MAURIN JC. 2004**. Modeling hydrodynamics in Ebrié lagoon (Côte d'Ivoire). Journal of African Earth Science, 39 : 535-540.
4. **DUFOUR P. 1982**. Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidences sur l'hydroclimat. Hydrobiologia, 94 : 105-120
5. **DURAND J.R., GUIRAL D. 1994**. Hydroclimat et hydrochimie. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Les milieux lagunaires. T.2 Edition Orstom, pp. 59-90
6. **ELDIN M. 1971**. Le climat. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire Orstom, 50 : 72-108.
7. **GALLARDO Y. 1978**. Assymetry and anomalies of circulation and vertical mixing in the branching of lagoon-estuary. Hydrodynamics of estuaries and fjords, Oceanography Ser. 197-206.
8. **GIRARD G., SIRCOULON J., TOUCHEBOEUF P., 1971**. Aperçu sur les régions hydrologiques. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire Orstom, 50 : 109-156
9. **GUIRAL D., LANUSSE A. 1984**. Contribution à l'étude hydrodynamique de la baie de Biétri, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Document. Scientifique du Centre de Recherche Océanographique (CRO) Abidjan, 15(1-2) 1-18.
10. **JANCOVICI J.M. 2000**. Lerechauffement climatique (le changement climatique) reponse à quelques questions élémentaires. [http :www.manicore.com/documentation/serre/](http://www.manicore.com/documentation/serre/)
11. **LEMASSON L., PAGES J., DUFOUR P., CREMOUX J.L. 1981**. Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. Revue Hydrobiologie Tropicale, 14(3) : 191-212
12. **MONDE S. 2004**. Etude et modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Université Cocody, Abidjan 325p.
13. **MORLIERE A., REBERT J.P, 1972**. Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. Document Scientifique du Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, vol. 3, n°2 : 1-30.
14. **PAA 1999** Port autonome d'Abidjan, Minutes de sondes de la zone portuaire. Carte bathymétrique de la baie d'Abidjan, n°1996-7-001, Échelle 1/1000, Rapport interne
15. **PAGES J., LEMASSON L., DUFOUR P., 1979**. Éléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. Archive Scientifique du CRO, Abidjan, 5 (1) : 1-60.
16. **TASTET J.P., 1979**. Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo et Bénin). Thèse Doctorat, Université Bordeaux I, n°621, 175p.

