

## **Hydrologie et morphologie de l'estuaire du fleuve Sassandra, Basse Côte d'Ivoire**

**Yao Alexis N'GUESSAN<sup>1\*</sup>, Ted-Edgard WANGO<sup>1</sup>, Konan Ernest KONAN<sup>2</sup>, Achille ADINGRA<sup>1</sup>,  
Etché Mireille AMANI<sup>1</sup>, Sylvain MONDE<sup>1</sup>, Kouadio AFFIAN<sup>3</sup> et Kouamé AKA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Université Félix Houphouët BOIGNY, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières,  
Département de Géosciences Marines, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup> *Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan (CRO), Laboratoire de Physique et de Géologie Marine  
(PHYGEM), 29 rue des pêcheurs, BPV 18 Abidjan, Côte d'Ivoire*

<sup>3</sup> *Université Félix Houphouët BOIGNY, Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection  
(C.U.R.A.T.), 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

---

\* Correspondance, courriel : [alestouxis@yahoo.fr](mailto:alestouxis@yahoo.fr)

### **Résumé**

Les études physico-chimiques des eaux de surface et de sub-surface et les levés bathymétriques effectués dans l'estuaire du fleuve Sassandra, ont permis de caractériser l'hydrologie et la morphologie du fond de cet embouchure. Sur toute la surface d'eau le pH est proche de la neutralité, la conductivité est comprise entre 50 et 200 $\mu$ s/cm, avec une température moyenne de 28,91°C. La salinité de l'estuaire augmente au fur et à mesure que l'on s'approche de l'océan Atlantique. Sa valeur est comprise entre 0 et 4‰. Le taux d'oxygène, très faible à l'embouchure avec une valeur de 2 mg /L contre 8,30 mg/L dans la branche droite du fleuve couverte par la végétation. Les Matières En Suspension (MES) analysées sont constituées d'une fraction inorganique de quartz, feldspath, amphibole, mica, argiles, etc...et d'une fraction organique constituée de débris animaux et végétaux. Cette étude a permis de réaliser les cartes bathymétriques et la répartition des paramètres physico-chimiques, ainsi que la détermination des dépressions et les processus d'érosions au fond de l'estuaire du fleuve Sassandra.

**Mots-clés :** *hydrologie, bathymétrie, paramètres physico-chimiques, fleuve Sassandra, Côte d'Ivoire.*

### **Abstract**

#### **Hydrology and morphology of the estuary of the Sassandra river (Low Côte d'Ivoire)**

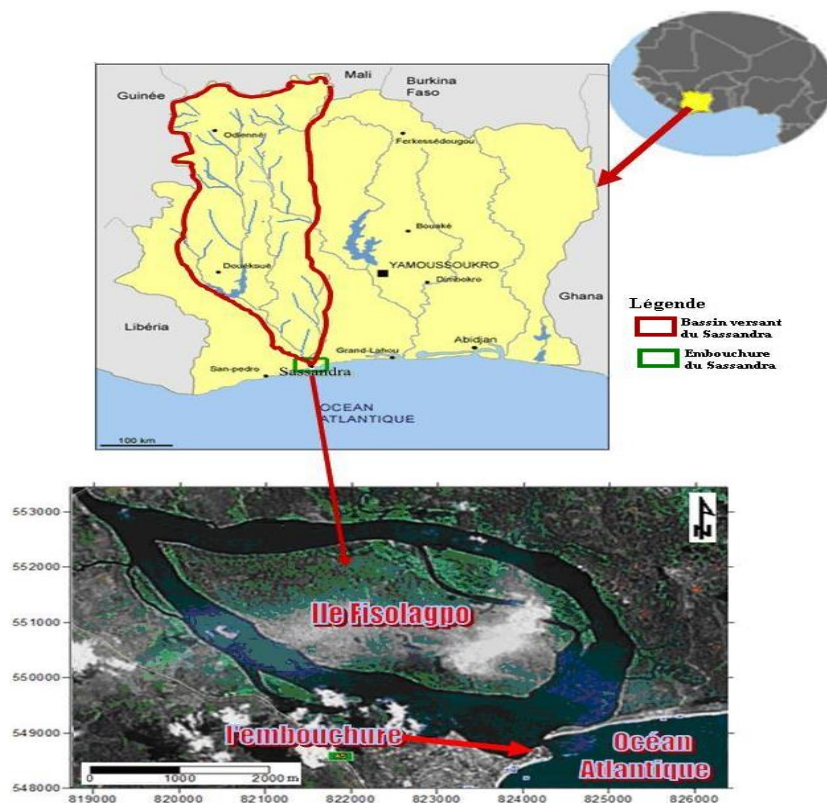
The physico-chemical studies of waters of surface and sub-surface and the bathymetric surveys made in the estuary of the Sassandra river, allowed to characterize the hydrology and the morphology of the bottom of this mouth. On all the surface of water the pH is close to the neutrality, the conductivity is between 50 and 200 $\mu$ s/cm, with an average temperature of 28,91°C. The salinity of the estuary increases as we approach the Atlantic Ocean. Its value is between 0 and 4 ‰. The rate of oxygen, very low in the mouth with a value of 2 mg / L against 8,30 mg / L in the straight branch of the river covered by the vegetation. Suspension materials (MES) analyzed are constituted by an inorganic fraction of quartz, feldspar, amphibole, mica and clays etc. and of an organic fraction constituted by animal and plant fragments.

This study allowed to realize the bathymetric maps and the distribution of the physico-chemical parameters, as well as the determination of the depressions and the processes of erosions at the bottom of the estuary of the Sassandra river.

**Keywords :** *hydrology, bathymetry, physico-chemical parameters, Sassandra river, Côte d'Ivoire.*

## 1. Introduction

Les estuaires, généralement endroits de grande biodiversité et de dynamisme assez complexe représentent des lieux où des eaux de composition, de température et de vitesse différentes se rencontrent [1-3]. En effet, les dépôts des particules transportées par les eaux fluviales et marines façonnent la morpho-structure des paysages estuariens. En Côte d'Ivoire, les embouchures des grands fleuves (Comoé, Bandama, Sassandra et Cavally) connaissent un dynamisme de plus en plus accentué qui se traduit généralement par des déplacements des points de confluence fleuve-mer [4-7]. L'embouchure du fleuve Sassandra (**Figure 1**), objet de cette étude, présente une dynamique hydro- sédimentaire qui a pour conséquence le comblement accéléré, la modification significative des paramètres physico-chimiques et la modification de la morphologie du fond de l'embouchure [8,9]. Cet environnement riche en ressources halieutiques présente des problèmes de navigation à cause des hauts fonds et des eaux tourbillonnantes engendrées par les dépressions, et des problèmes de pollutions dus à la proximité des habitations. La présente étude a pour objectif de caractériser l'hydrologie et la morphologie de l'embouchure du fleuve Sassandra. Cette étude permettra de mettre en évidence la morphologie du fond et de traiter les paramètres physico-chimiques des eaux. Elle s'intéressera aussi à l'hydrologie et à la répartition spatiale des paramètres hydrologiques.



**Figure 1 :** Localisation de l'embouchure du fleuve Sassandra

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Levés et traitement des données bathymétriques

Les levés bathymétriques ont été effectués le long des radiales à partir d'un échosondeur de type Lowrance, modèle LMS-160 et Global Map™1600, couplé à un récepteur GPS pour l'acquisition des sondes. Elles ont été mesurées avec une fréquence de 160 kHz qui permet aux signaux émis de ne pas pénétrer les vases [10,11]. Les corrections sont effectuées afin de déterminer la profondeur réelle à chaque point. Ces corrections concernent la profondeur d'immersion du transducteur et la marée dynamique [12]. Les sondes réelles sont traitées et analysées afin de tracer des contours de cartes, des courbes d'iso-valeurs.

### 2-2. Prélèvements et traitements des eaux

L'échantillonnage des eaux de l'embouchure du fleuve Sassandra, s'est déroulé à l'aide d'un récipient. Ces prélèvements ponctuel ont été positionnés par un récepteur GPS dont la précision est environ 2 m. Pour l'étude des paramètres physico-chimiques un pH-mètre portatif WTW 82362, a été utilisé. Des mesures de température, d'oxygène dissout, de salinité de pH et conductivité ont été faites *in situ*. La détermination des concentrations des charges solides s'est déroulée de la façon suivante : avant le filtrage, les filtres ont été numérotés puis pesés, ensuite les échantillons d'eau (500 ml) ont été filtrés au moyen d'un banc de filtration. Après séchage à 45 °C pendant trois (3) jours, les filtres chargés sont récupérés et repesés afin de déterminer les concentrations des matières en suspension. Enfin, chaque filtre a été observé à la loupe binoculaire pour déterminer les constituants. La cartographie de la répartition de ces paramètres (le pH, la conductivité, le MES, la salinité, l'oxygène dissout, la température) sur le plan d'eau estuarien a été par la suite réalisée.

### 2-3. Analyse en composantes principales(ACP)

Cette méthode permet de mettre en évidence les ressemblances (corrélations) entre les différents paramètres physico-chimiques des eaux. Elle permet, en outre, de montrer la différence de comportement de groupes de paramètres vis-à-vis d'un ou plusieurs individus ou échantillons testés, définissant ainsi une zonation de l'embouchure en indiquant les événements responsables de ce découpage [13,14]. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) avec le logiciel Statistica sur l'ensemble des individus ou unités statistiques a été effectuée.

## 3. Résultats

### 3-1. Morphologie de l'estuaire du fleuve Sassandra

La **Figure 2** présente la carte bathymétrique de l'embouchure du fleuve Sassandra. Les profondeurs varient de 0 à 8,5 m, avec une moyenne de 4,25 m. Quelques hauts fonds se rencontrent dans les bras Est et Ouest de l'embouchure mais n'excèdent pas 0,7 m. Ces hauts fonds émergent pendant la période d'étiage du Sassandra laissant apparaître des blocs de roches qui empêchent la circulation des embarcations. Dans ces zones d'accumulations apparaissent des chenaux secondaires par lesquels les eaux arrivent à la mer. En outre, selon les débits fluviaux du Sassandra, 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. En période de crue (septembre à décembre), ces hauts fonds sont immergés et les sables sont progressivement remobilisés. Deux chenaux principaux sont nettement identifiables dans l'estuaire. Ils communiquent avec la mer par l'unique exutoire du Sassandra. Ce sont :

- -à l'Est de l'embouchure le chenal du bras Est. Il présente une sinuosité remarquable, avec une profondeur pouvant atteindre 8,5 m ;
- -à l'Ouest de l'embouchure le chenal du bras Ouest. Les profondeurs varient de 0 à 4,5 m avec une moyenne de 2,25 m. Le chenal est peu sinueux que le bras Est. L'aval est moins profond et plus étalé.

Deux dépressions sont aussi identifiables à proximité de la passe. Elles peuvent avoir des profondeurs supérieures à 8,5 m. Ces zones sont selon des témoignages tourbillonnaires et rendent difficile la circulation des embarcations.

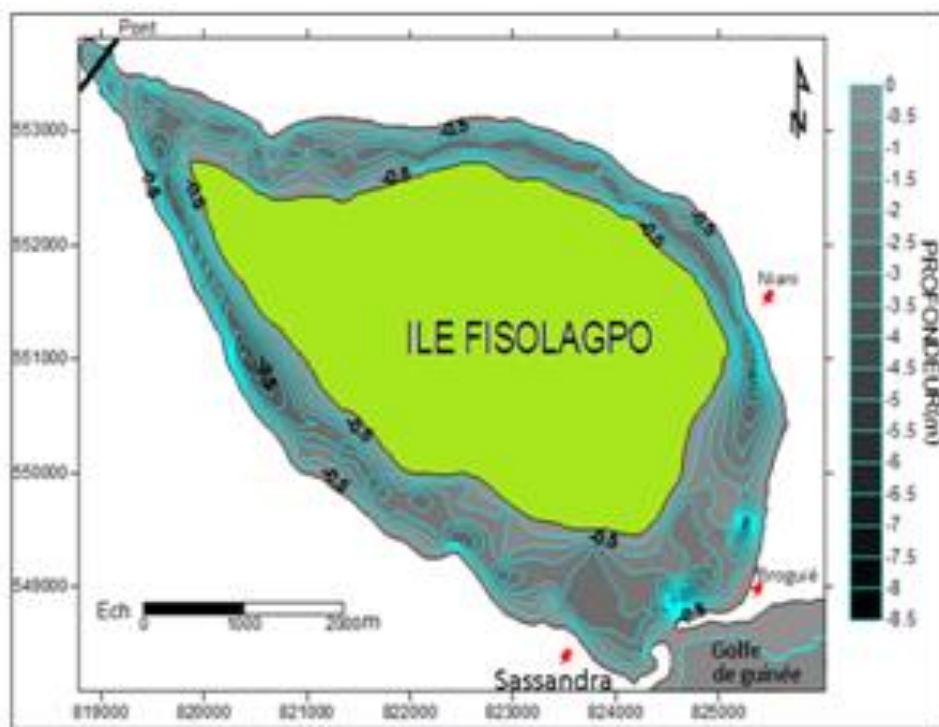


Figure 2 : Carte bathymétrique de l'embouchure du fleuve Sassandra

### 3-2. Caractère hydrologique de l'estuaire du fleuve Sassandra

Les valeurs des paramètres hydrologiques de l'embouchure du fleuve Sassandra sont présentées dans le **Tableau 1**. Les températures des eaux de surface fluctuent entre 28°C et 30°C. Les conductivités maximales atteignent 225  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et les minimales sont de 51  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , et les pH varient entre 6 et 8 pour les couches d'eau de surface et sont inférieurs à 6 pour les eaux profondes. La teneur en Matières en Suspension (MES) qui sont les éléments fins des sols encaissant du fleuve Sassandra est très variable. Elle varie de 4 à 24 mg/L selon les zones de prélèvement des eaux. La salinité est également très variable, avec un milieu constitué d'une eau saumâtre (mélange d'eau douce et marine), sujette aux légères variations de la marée. Ainsi les salinités fluctuent entre 0 et 4 (‰). Les taux d'oxygénation sont compris entre 2 et 9 mg/L.

**Tableau 1 : Paramètres hydrologiques des eaux de l'embouchure du fleuve Sassandra**

Stations	Z (m)	pH	Cond. (µs/cm)	Temp. (°C)	M.E.S (mg/L)	Salinité (‰)	O <sub>2</sub> (mg/L)
1	1,80	6,80	65,00	28,90	11,80	0,00	2,40
2	1,50	6,90	62,00	29,00	10,60	0,00	3,00
3	1,20	7,00	56,00	29,00	9,40	0,00	3,10
4	2,50	7,00	59,00	29,00	8,00	0,00	3,00
5	0,80	6,90	60,00	29,30	4,60	0,00	3,10
6	1,60	7,00	68,00	29,20	12,20	0,03	2,00
7	2,60	7,00	64,00	29,00	9,00	0,04	2,43
8	1,70	7,00	60,00	29,00	9,40	0,10	3,20
9	0,80	7,00	51,00	28,90	8,20	0,10	2,76
10	1,60	7,00	52,00	28,80	4,40	0,20	2,08
11	1,30	6,90	54,00	28,90	10,60	0,20	2,50
12	0,70	6,80	57,00	29,00	7,20	0,30	2,70
13	2,50	7,00	59,00	29,00	7,60	0,50	2,50
14	0,50	7,00	60,00	29,00	5,20	0,50	2,80
15	1,30	7,10	78,00	28,80	14,30	0,60	2,60
16	3,40	7,00	79,00	28,80	18,60	1,00	3,80
17	1,20	7,10	97,00	29,00	21,20	2,00	3,00
18	8,00	7,40	225,00	28,00	17,70	4,00	3,20
19	8,00	7,30	210,00	28,10	24,40	4,00	2,00
20	9,00	7,40	205,00	28,10	22,00	4,00	2,00
21	7,00	7,30	200,00	28,00	18,00	4,00	2,20
22	6,00	7,20	180,00	28,20	20,00	3,00	2,00
23	3,00	7,10	65,00	28,10	12,82	3,00	2,20
24	1,20	7,10	95,00	29,00	16,20	1,00	3,00
25	3,50	7,00	87,00	29,20	12,82	0,40	3,10
26	1,00	7,00	77,00	29,00	5,20	0,40	3,80
27	1,80	7,00	86,00	29,20	9,40	0,30	4,00
28	1,70	7,00	96,00	29,60	9,60	0,03	8,60
29	2,00	7,00	90,00	29,50	9,60	0,03	8,00
30	1,30	7,00	87,00	29,20	5,38	0,02	8,00
31	1,30	7,00	85,00	29,60	9,40	0,02	8,30
32	2,00	7,00	84,00	29,30	8,80	0,03	8,10
33	1,30	7,00	84,00	29,20	8,90	0,02	8,20
34	1,00	7,00	85,00	29,00	10,00	0,03	8,30
35	1,10	7,00	83,00	29,00	9,80	0,00	8,30
36	1,00	7,00	84,00	29,00	9,90	0,00	8,30
<b>Min</b>	<b>0,50</b>	<b>6,80</b>	<b>51,00</b>	<b>28,00</b>	<b>4,40</b>	<b>0,00</b>	<b>2,00</b>
<b>Max</b>	<b>9,00</b>	<b>7,40</b>	<b>225,00</b>	<b>29,60</b>	<b>24,40</b>	<b>4,00</b>	<b>8,60</b>
<b>Moyenne</b>		<b>7,04</b>	<b>91,36</b>	<b>28,91</b>	<b>11,45</b>	<b>0,83</b>	<b>4,51</b>
<b>Ecart type</b>		<b>0,14</b>	<b>48,13</b>	<b>0,42</b>	<b>5,17</b>	<b>1,36</b>	<b>2,35</b>

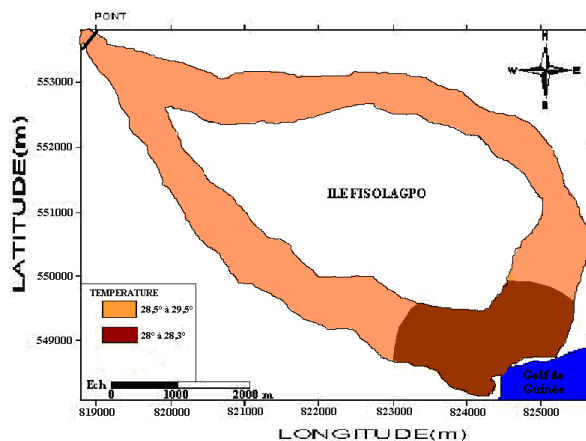
### 3-3. Description des paramètres hydrologiques et leur répartition spatiale

#### 3-3-1. Température

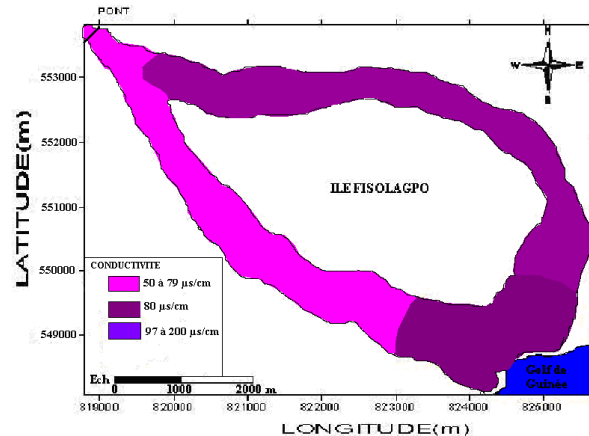
La température des eaux de façon générale est relativement plus chaude que celle de l'air, de l'ordre de 2 à 3°C. Elle est maximale en étiage (31°C en avril) et (27°C en août) et minimale durant les saisons de pluie (25 à 27°C). La variabilité spatiale des températures est faible, ne dépassant pas 3°C, sauf dans les zones sous influence directe de la mer avec des eaux relativement plus fraîches. Ainsi les températures des eaux prélevées varient de 28 à 29,6°C avec une moyenne de 28,91°C. Elles sont élevées et pratiquement constantes en amont et dans les bras Ouest et Est de l'embouchure. Les eaux sont plus chaudes dans la partie plus continentale de l'estuaire. Ces températures baissent lorsqu'on se rapproche de la mer. Cela est dû au fait que les eaux des océans sont plus fraîches que l'eau du fleuve. La variation spatiale de la température reste néanmoins faible, de l'ordre de 1 à l'embouchure. La figure 3 montre la répartition de la température sur toute l'étendue de la zone d'étude.

#### 3-3-2. Conductivité

Les valeurs de conductivité les plus élevées se situent au niveau de la zone de contact entre eau fluviale et marine. Elles varient de 150  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à 225  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Cela pourrait s'expliquer par la salinité élevée des eaux dans ces zones plus proches de la mer. Les bras Est et Ouest de l'embouchure, situés sur le continent présentent des eaux de conductivités moins élevées. Ainsi, en amont sur la branche Ouest du fleuve les conductivités sont plus basses et de 50  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Au niveau de la branche Est, elles sont également basses (80  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), mais restent plus élevées que sur le bras Ouest. Cette conductivité des eaux peut être en partie due à la minéralisation des blocs de roches, caractéristiques du littoral ouest ivoirien. La **Figure 4** montre la répartition de la conductivité des eaux à l'embouchure du Sassandra.



**Figure 3 :** Répartition superficielle de la température à l'embouchure du fleuve Sassandra



**Figure 4 :** Répartition superficielle de conductivité des eaux de l'embouchure du fleuve Sassandra

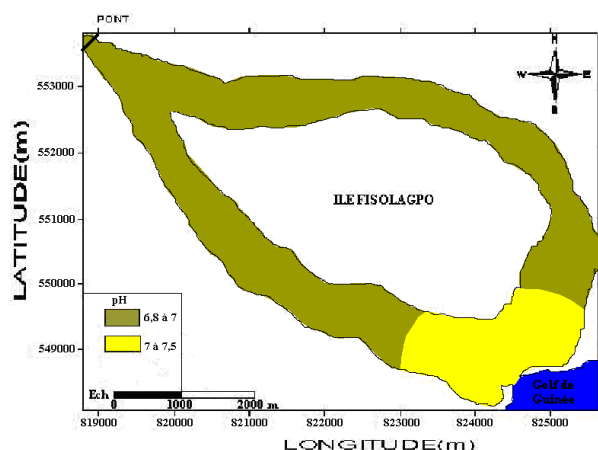
#### 3-3-3. pH

Le pH des eaux, sous influence marine est relativement alcalin, et celui des eaux directement en contact avec les eaux douces est plutôt acide. Globalement le pH est élevé à proximité de l'océan et (supérieur à 7) et minimal sur le continent (inférieur à 7). Les pH enregistrés dans cette étude varient entre 6,8 et 7,4 avec une moyenne de 7,04. Les valeurs de pH les plus élevées se situent au niveau de l'embouchure.

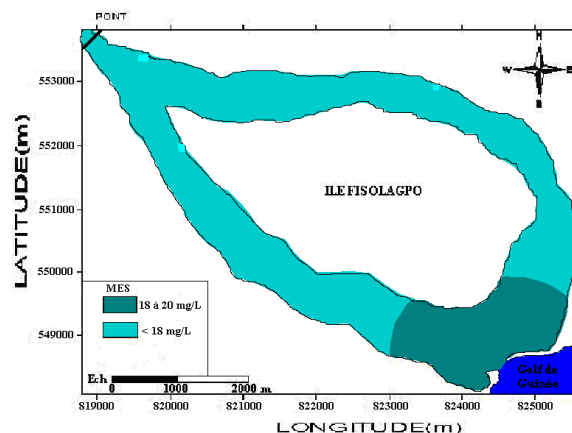
Elles sont plutôt basiques, vu leur proximité avec l'eau salée de l'océan. De façon générale les pH mesurés sur le plan d'eau sont plutôt neutre parce que nous avons un apport en eau douce provenant du fleuve ainsi que des eaux de précipitation. Les valeurs de 6,8 mesurées s'observent à proximité des habitations sur la branche Ouest de l'embouchure et cela est dû à la pollution chimique de l'eau par la dégradation des déchets ménagers et autres (*Figure 5*). A la branche Est de l'embouchure où il n'y a pas d'habitation, mais plutôt des mangroves, le pH est également de l'ordre de 6,8 (*Figure 5*).

### 3-3-4. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension des eaux de surface évoluent de façon décroissante de l'embouchure vers le fleuve et les concentrations sont comprises entre 4 et 24,4 mg/l. Le maximum des matières en suspension s'observe à l'embouchure avec des valeurs allant jusqu'à 24,4 mg/l (*Figure 6*). Cette concentration est liée aux mouvements de la marée. Pendant la marée haute, une remontée du niveau des eaux a tendance à repousser les matières en suspension. Sur les autres tranches d'eau la répartition des matières en suspension est plus ou moins homogène. Cela signifie que le transport solide en suspension est faible. L'observation des matières en suspension à la loupe binoculaire montre deux types de constituants : inorganiques et organiques (débris végétaux et animaux). Les constituants inorganiques constituent 85 à 90 % de la matière en suspension, et sont formés d'argiles, de quartz détritique, de feldspath. Les constituants organiques, eux, constituent 3 à 8 % de la matière en suspension, et sont formés de restes d'animaux, de coquillages et des débris végétaux qui constituent 2 à 5 % de la matière.



**Figure 5 :** Répartition superficielle du pH de l'embouchure du fleuve Sassandra



**Figure 6 :** Répartition superficielle des MES des eaux de l'embouchure du fleuve Sassandra

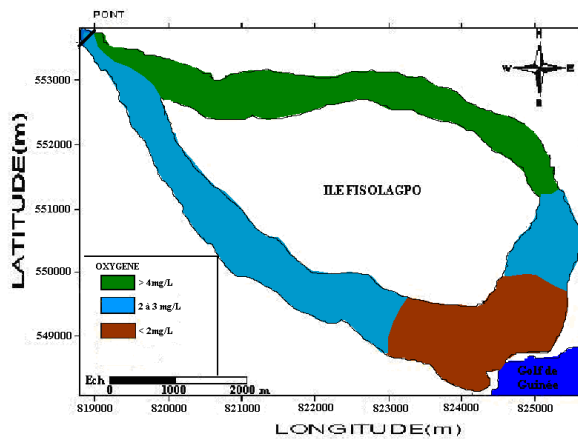
### 3-3-5. Salinité

L'embouchure du fleuve Sassandra présente une hétérogénéité spatiale due essentiellement aux deux bras de l'estuaire et à l'environnement dans lequel il se trouve. L'observation détaillée indique une faible salinité dans la zone continentale de l'embouchure. En revanche dans les régions de communication avec la mer, la salinité des eaux s'accroît lorsqu'on s'approche de l'océan à cause de son caractère salé. Elle est cependant plus élevée sur le bras Ouest de l'embouchure que sur le bras Est. Les salinités varient de 0 à 4 ‰ sur l'ensemble de la superficie de la zone d'étude. La *Figure 7* permet de constater l'évolution de la salinité. Les salinités les plus élevées se rencontrent à l'embouchure où elles atteignent 4 ‰.

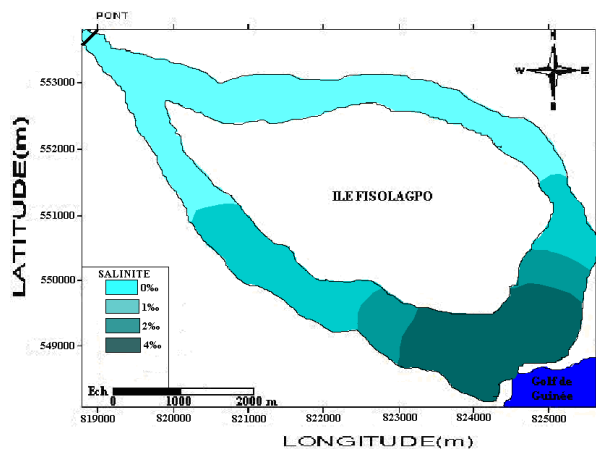
Cela est dû à la proximité de l'océan. Par contre sur les branches Ouest et Est du fleuve la salinité est faible voire nulle. Cela pourrait être dû à une alimentation du fleuve en eaux douces provenant du continent.

### 3-3-6. Taux d'oxygène

Les taux d'oxygène des échantillons d'eau prélevés sur toute l'étendue de l'embouchure sont élevés. Ces forts taux d'oxygénation notés sont liés à la végétation (présence de mangroves, surtout sur le bras Est de l'estuaire). Cette végétation permet la réalisation du phénomène de photosynthèse et c'est ce qui explique l'élévation du taux d'oxygène. Les taux très bas à certains endroits, tels qu'au niveau des échantillons 10 – 11 – 12 et 26 sont dus à la proximité des habitations responsables de certaines pollutions d'ordre chimique (**Figure 8**). Par ailleurs à l'embouchure le taux d'oxygène est très bas à cause de la chaleur et du réchauffement général de la planète, avec le phénomène des effets de serre.



**Figure 7 :** Répartition superficielle de la salinité de l'embouchure du fleuveassandra



**Figure 8 :** Répartition superficielle de l'oxygène dissout des eaux de l'embouchure du fleuveassandra

### 3-4. Analyse en Composantes Principales des paramètres physico-chimiques des eaux de l'embouchure du fleuveassandra

La matrice de corrélation représentée par le **Tableau 2** montre les relations entre les paramètres physico-chimiques pris deux à deux. Son analyse montre qu'il existe une très bonne corrélation ( $r \approx 0,85$ ) entre le pH et la conductivité ; le pH et la salinité ; la salinité et la conductivité ; la salinité et la Matière en Suspension (MES). La corrélation est moyenne ( $r \approx 0,70$ ) entre la conductivité et le MES ; le pH et la Matière en Suspension. Une corrélation inverse ( $r \approx -0,75$ ) existe entre la température et le pH ; la salinité et la température. Ces différentes corrélations révèlent les interactions entre la salinité, le pH et la conductivité. Il existe aussi des relations entre le MES et la conductivité, la salinité et le pH. Ces interdépendances s'expliqueraient soit par une origine commune (ou même plan factoriel) soit par un processus identique régulant leur évolution dans l'environnement. La valeur négative du coefficient de corrélation entre la température et les autres paramètres, traduit des interactions inverses. Ces paramètres physico-chimiques n'ont ni le même plan factoriel ni le même mécanisme déterminant leur évolution dans le milieu.



**Tableau 2 : Matrice de corrélation**

	<b>pH</b>	<b>Cond.(<math>\mu</math>s/Cm)</b>	<b>Temp.(<math>^{\circ}</math>C)</b>	<b>MES(mg/L)</b>	<b>Sal.(<math>\text{‰}</math>)</b>	<b>Ox.(mg/L)</b>
<b>pH</b>	1					
<b>Cond. (<math>\mu</math>s/Cm)</b>	0,892170	1				
<b>Temp.(<math>^{\circ}</math>C)</b>	-0,739127	-0,695711	1			
<b>MES (mg/L)</b>	0,725680	0,756711	-0,652395	1		
<b>Sal.(<math>\text{‰}</math>)</b>	0,883896	0,874505	-0,883850	0,799285	1	
<b>Ox. (mg/L)</b>	-0,279043	-0,221548	0,648486	-0,433875	-0,509871	1

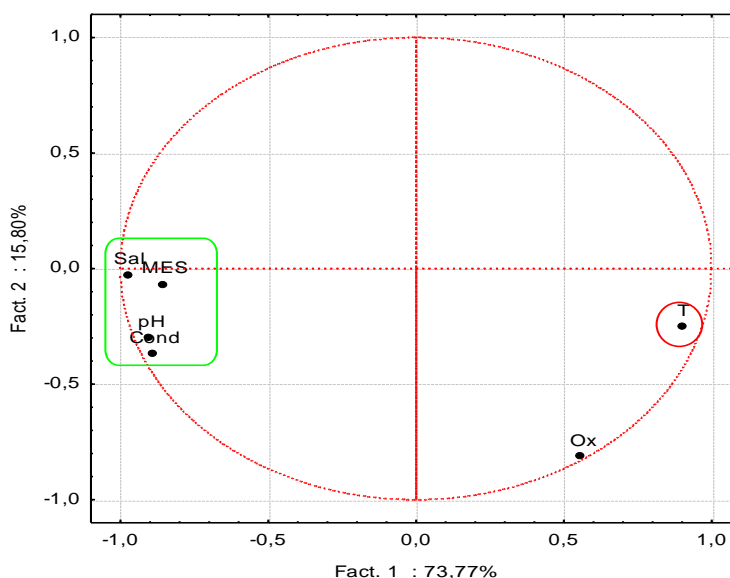
Le **Tableau** des valeurs propres montre que les deux premiers axes factoriels expriment respectivement 73,76% (Fact. 1) et 15,80% (Fact. 2) de la variance exprimée. Ces facteurs fournissent à eux seuls 89,57% de l'information statistique. L'Analyses en Composantes Principales (ACP) ne tiendra compte que de ces trois facteurs pour l'analyse des plans factoriels. Cette approche permettra d'apprécier l'évolution des différents paramètres physico-chimiques en fonction des axes factoriels Fact.1 et Fact. 2.

**Tableau 3 : Valeurs propres**

	<b>Val. Propre</b>	<b>% Total</b>	<b>Cumul (Val. P)</b>	<b>Cumul (%)</b>
<b>1</b>	4,426073	73,76781	4,426073	73,7679
<b>2</b>	0,948212	15,80353	5,374285	89, 5714
<b>3</b>	0,340952	5,68253	5,715236	95,2539
<b>4</b>	0,135697	2,26161	5,850933	97,5156
<b>5</b>	0,101407	1,69011	5,952340	99,2057
<b>6</b>	0,047660	0,79433	6,000000	100,0000

**3-5. Plan factoriel Fact 1- Fact 2**

Les différents plans factoriels  $F_1 \times F_2$  sont représentés par des cercles de communauté (**Figure 9**). Ils montrent un important nuage situé dans la partie négative de l'axe  $F_1$ .



**Figure 9 : Espace des variables du plan factoriel  $F_1 \times F_2$**

Ce nuage est composé de MES, sal., cond., temp. et du pH. Les coefficients de corrélation entre ces différents éléments permettent de supposer que les différents paramètres sont soumis à un même phénomène et ont une origine commune. La corrélation entre la conductivité et la salinité est très bonne 0,87. Ces deux paramètres proviennent de l'eau marine et de l'altération des roches. L'ouverture constante de l'embouchure permet le contact entre les deux milieux. Les eaux continentales ayant une salinité et une conductivité faible, les fortes salinités et conductivités pourraient provenir d'une intrusion marine à l'embouchure. La corrélation entre la salinité et le pH est très bonne (0,88). Elle indique une intrusion marine; car une salinité élevée entraîne une augmentation du pH qui tend vers la basicité donc supérieur à 7. Il existe également une très bonne corrélation entre les MES et la conductivité soit 0,75 et entre les MES et le pH soit 0,72. Cela s'explique par le fait que les mouvements de la mer dus aux vagues drainent plusieurs éléments minéraux et organiques à l'embouchure.

La minéralisation des éléments constituant les MES provient de l'altération des minéraux des roches. Cette minéralisation influence la salinité et la conductivité des eaux de l'embouchure. Les corrélations entre la température et le pH ; la température et la salinité est très bonne mais négative. Ces paramètres évoluent de façon contraire. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la température prélevée est spatiale et non temporelle et donc varie selon les endroits de prélèvement. Les eaux de l'océan ont une température faible par rapport à celles du fleuve. Ces eaux du fleuve étant influencées par l'intrusion marine, il se produit une évolution inverse entre la température, la salinité et la conductivité c'est-à-dire, température basse, conductivité et salinité élevée. Ce groupement de paramètres est sous l'influence des phénomènes marins tels que les courants marins et le mouvement des vagues.

Le regroupement des éléments étant sur le côté négatif de l'axe F1, on en déduit que cet axe rend compte d'une influence des eaux du fleuve et celles provenant du continent telles que les eaux de ruissellement et les précipitations. Le deuxième regroupement se fait dans la partie positive de l'axe F2, avec pour seul élément l'oxygène dissout. Ce taux d'oxygène dissout est dû au phénomène de photosynthèse de la végétation située à proximité du fleuve. Le facteur F<sub>2</sub> met en évidence l'effet de la photosynthèse sur le taux d'oxygène dissout. On distingue deux classes d'échantillons (*Figure 10*). La première classe regroupe 5 échantillons d'eau (18, 19, 20, 21, 22, 29). Ces échantillons proviennent de l'embouchure du fleuve et sont soumis aux activités hydrodynamiques de l'océan et du fleuve. Il se produit dans cette classe des phénomènes d'échanges entre les eaux fluviales et les eaux marines. La classe 2 rassemble les échantillons d'eau prélevés au niveau des bras Ouest et Est de l'embouchure. Dans ces zones, la salinité, la conductivité, et le pH sont bas, par contre le taux d'oxygène dissout est élevé.

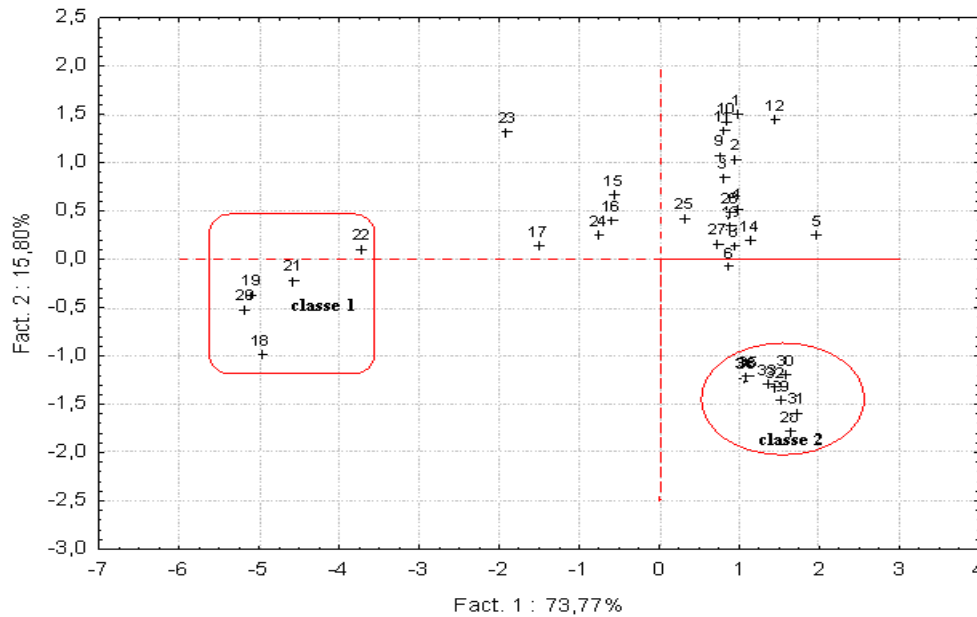


Figure 10 : Espaces des unités statistiques dans le plan  $F_1 \times F_2$

#### 4. Conclusion

L'embouchure du fleuve Sassandra est caractérisée par des profondeurs de 0 à 8,5 m, avec une moyenne de 4,25 m. Une dépression d'environ 8,5 m située dans la zone de contact entre le fleuve et l'océan se distingue. Les hauts fonds qui s'y rencontrent se localisent à l'Est et à l'Ouest de l'embouchure. Ils émergent pendant la période d'étiage du Sassandra laissant apparaître des blocs de roches qui empêchent la circulation des embarcations. L'étude des paramètres hydrologiques des eaux, indique que les températures moyennes sont de l'ordre de 28,91°C en surface, les valeurs de pH sont supérieures ou égales à 7. Les valeurs faibles de la conductivité montrent que les eaux sont peu minéralisées. Une augmentation des valeurs de salinité de pH et de la conductivité s'observe au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'océan. L'embouchure du fleuve reçoit des matières en suspension constituées essentiellement de fraction inorganique (quartz, feldspaths, amphibole, mica, argile...) et de débris animaux et végétaux. En outre il ressort de cette étude une bonne corrélation entre la salinité, la conductivité, le pH et les MES et corrélation négative entre la température, le pH et entre la température et la salinité. Cela indique que ces paramètres ont une évolution inverse. Le paramètre tel que l'oxygène dissout n'est pas corrélé, il dépend du phénomène de la photosynthèse.

#### Références

- [1] - C. LE NORMANT, "Modélisation numérique tridimensionnelle des processus de transport des sédiments cohésifs en environnement estuarien". Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse; spécialité physique et chimie de l'environnement. n° 1002, (1995)253 p.
- [2] - E. GOUBERT, E. FRENOD, P. PEETERS, P. THUILLIER, H.-J. VESTED, N. BERNARD, V. VERON et L. ALLANO, "Caractérisation du fonctionnement hydro sédimentaire de l'estuaire de la Vilaine à partir d'études bathymétriques et altimétriques (Altus)". Xèmes Journées Nationales Génie Côtier — Génie Civil, Sophia Antipolis, (2008) pp 81-90.

- [3] - A. DI MATTEO et A. MILLI, " *Morphological, bathymetric and sedimentological surveys used to assess the coastline defensive measures*". Int. J. Environ. Sci. Tech., Vol. 5, n° 3, (2008) pp 415-424.
- [4] - J. ABE, " *Etude comparative de la dynamique sédimentaire aux embouchures des fleuves du littoral ivoirien*". Proc. Int. Conf « coastal change » Bordomer-IOC Bordeaux (1995) pp.347-363.
- [5] - V. WOGNIN, S. MONDE, K. AFFIAN, A. COULIBALY et K. AKA, " *Modèle de circulation des eaux dans l'estuaire du fleuve Bandama en Côte d'Ivoire*". Incidences des régimes fluviaux et des conditions de marée. Sud sciences et technologies, n° 15, (2007) pp.1-12.
- [6] - K. L. ADOPO, " *Caractérisation du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'embouchure du fleuve comoé*". Thèse Doctorat Etat, ès Sc. Nat., Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2009) 160 p.
- [7] - Y.A. N'GUESSAN, E.M. AMANI, B.K.F. KOFFI, L. ADOPO, B.E. DIANGONE, S. MONDE et A. KOUADIO, " *Caractérisation morphologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuveassandra (Côte d'Ivoire)*". Afrique SCIENCE 10(2), (2014). pp 277-288.
- [8] - Y. SANKARE et N. ETIEN, " *Analyse des effets de l'ouverture du chenal de Grand Bassam (estuaire du fleuve Comoé, Lagune Ebrié) sur la macrofaune benthique lagunaire*". Journal Ivoirien d'Océanologie et Limnologie, Vol. 1, n° 2, (1991) pp 81-90.
- [9] - Y. SANKARE, A. J.-B. KOTHIAS, A. A. KONAN, " *Les effets de la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé sur la végétation littorale lagunaire (Lagune Ebrié – Côte d'Ivoire)*". Journal Ivoirien d'Océanologie et Limnologie, Vol. 1, n° 2, (1991) pp 71-79.
- [10] - LOWRANCE. " *LMS-160 et Global Map 1600 ; Directive d'installation et note technique*". Lowrance Electronics, Inc. (1998) 75 p.
- [11] - Y. A. N'GUESSAN, K. L. ADOPO, E. M. AMANI, K. B. KONAN, M. TOURE, S. MONDE et K. AKA, " *Etude bathymétrique, sédimentologique et environnement de dépôt des sables superficiels de la lagune de Fresco (Zone Ouest du littoral ivoirien)*". Journal of Asian Scientific Research 3 (3), (2013). pp 308-320.
- [12] - J. ABE, " *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 Doctorat d'Etat, Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2005) 345 p.
- [13] - G. SORO, " *Evaluation des métaux lourds (Co, Cr, Mn, Ni et Zn) dans les sédiments de la lagune Ebrié, Abidjan (Côte d'Ivoire)*". Mémoire de DEA, Univ.Cocody, Côte d'Ivoire, (2003) 70 p.
- [14] - E. M. AMANI, " *Essais de modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau et de la dispersion saline dans un environnement côtier peu profond : la lagune Digboué (San-Pedro, Côte d'Ivoire)*". Thèse Doctorat Etat, ès Sc. Nat., Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2012) 169 p.