

Analyse des Parametres Physico-Chimiques et Bacteriologiques des Eaux de L'estuaire de la Lagune Ebrie (Sud-Est de la Cote D'ivoire)

Aka AneMaurice

*Corresponding Author, Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire
E-mail: aanemauriceak@yahoo.fr*

Wogninamavalérie

*Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Amanietché Mireille

*Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Irie Bi. T. Gaël

*Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Coulibaly AouaSougo

*Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Monde Sylvain

*Université Félix Houphouët Boigny
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Laboratoire de Géologie Marine et de sédimentologie
22, BP. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

Résumé

Un suivi des concentrations de paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de l'estuaire de la lagune Ebrie a été réalisé aux saisons des précipitations et de

crue. Il en ressort que les paramètres physicochimiques comme la salinité et la température sont plus élevées dans les eaux en saisons de crue alors que les matières en suspension le sont en période des précipitations. L'analyse révèle également l'existence de fortes colonies de Coliformes, Streptocoques et Clostridium à toutes les saisons. Cependant l'évolution des différentes colonies n'est pas directement influencée par les saisons. Elle serait liée aux rejets domestiques et industriels dans l'estuaire. Ceci pourrait être une des causes des nombreuses pandémies recensées à Abidjan. L'assainissement de ce milieu devrait être une préoccupation majeure pour redonner à l'estuaire son prestige de vivier essentiel pour l'économie ivoirienne.

Mots-clés: physico-chimiques, microbiologiques, estuaire, lagune Ebrié

Abstract

A monitoring of the concentrations of physico chemical and bacteriological parameters of the waters of the estuary of the Ebrié lagoon was carried out in the precipitation and flood seasons. It is shown that physicochemical parameters such as salinity and temperature are higher in flood seasons than suspended solids during precipitation periods. The analysis also reveals the existence of strong colonies of Coliforms, Streptococci and Clostridia at all seasons. However, the evolution of the different colonies is not directly influenced by the seasons. It could be linked to domestic and industrial waste water in the estuary. This could be one of the causes of the numerous pandemics identified in Abidjan. The rehabilitation of this environment should be a major concern to restore the estuary's prestige as a vital breeding ground for the economy Ivorian.

Keywords: physico-chemical, microbiological, estuary, lagoon Ebrié

I. Introduction

Les zones côtières ouest-africaines abritent d'importantes industries, des ports, des résidences urbaines et littorales, qui génèrent des déchets et de la pollution. Ces aires littorales ne disposent pas pour la plupart de systèmes adéquats de traitement des eaux usées. L'estuaire de la lagune Ebrié qui limite toutes les communes d'Abidjan est devenu un dépôt de déchets industriels et domestiques avec des latrines directement raccordées au plan d'eau. La majeure partie des déchets sont déversés dans le domaine estuarien sans aucun traitement préalable (Métongo, 2006). Par conséquent c'est un lieu de concentration de microorganismes pathogènes tels que les Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Streptocoques Fécaux, Clostridium, etc. du fait de la forte intrusion fécale. La présente étude se propose d'analyser les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié en période des précipitations et de crue.

II. Methodologie

II.1 Echantillonnage et Mesures des Paramètres Hydrologiques

Deux (2) campagnes de prélèvements d'eau ont été effectuées en raison d'une campagne en période de précipitations (juin) et une en saison de crue (décembre) (figure 1). Les mesures sur le terrain des paramètres hydrologiques (La température, salinité) ont été faites in situ à l'aide d'un multi paramètre

de type Orion Star 4. Pour chaque station, les prélèvements d'eau sont faits à 0,5m de la surface. Au laboratoire, pour la mesure des paramètres microbiologiques et bactériologiques, l'échantillon d'eau à analyser est étalé à la surface d'un milieu gélosé sans trace d'humidité, après incubation, les colonies qui se développent à la surface sont dénombrées. Aussi, les MES ont été mesurées selon la méthode décrite par Aminot et Chaussé (1983), selon la formule suivante (1):

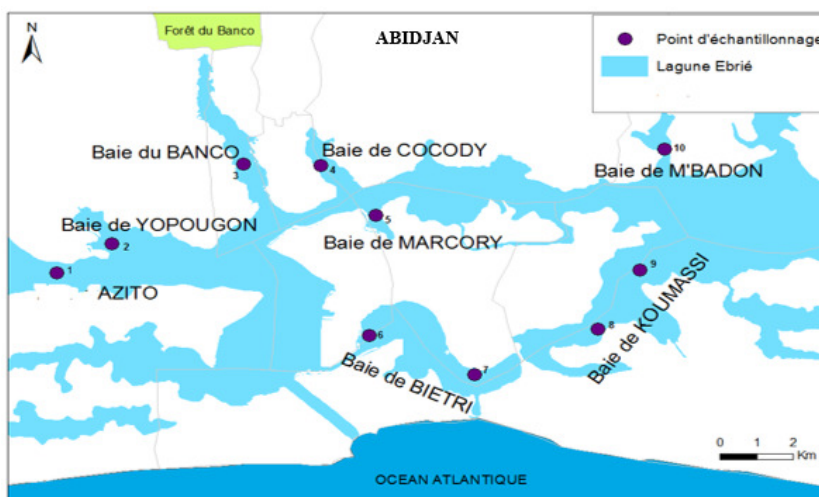
$$[\text{MES}] = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (1)$$

m_1 : La masse du filtre avant filtration (mg),

m_2 : la masse du filtre après filtration et séchage (mg),

V : le volume filtré (mL).

Figure 1: Localisation des stations de prélèvement dans l'estuaire de la lagune Ebrié



III. Resultats et Discussion

III.1 Evolution Saisonnière des Paramètres Physicochimiques des Eaux de L'estuaire

Le tableau I présente les résultats d'analyse des paramètres hydrologiques (physicochimiques et microbiologiques) des eaux dans l'estuaire de la lagune Ebrié.

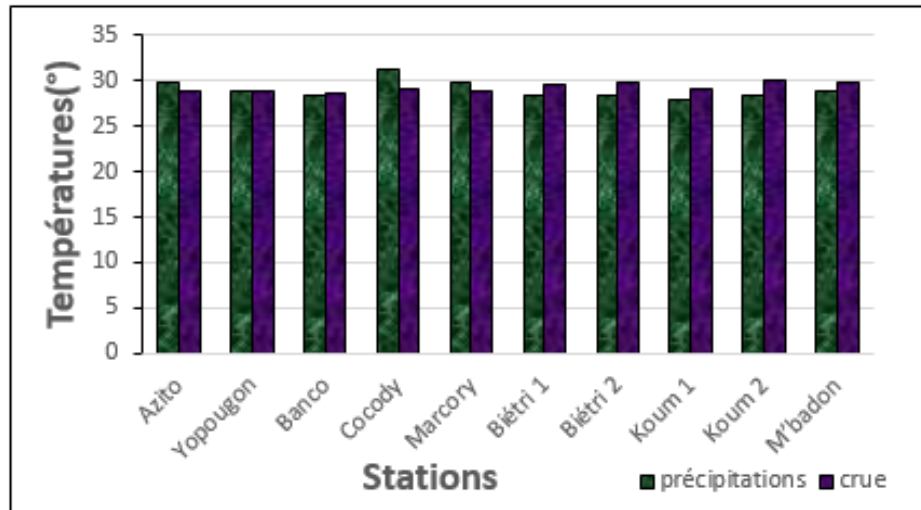
Tableau I: Résultats d'analyse de quelques paramètres hydrologiques dans l'estuaire en 2014

Baies	T(°)		Sal		MES (mg/L)		Coli. T. (UFC/100mL)		Coli. F. (UFC/100mL)		Strep. F. (UFC/100mL)		Clostr. (UFC/40mL)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Azito	28,7	28,8	2,28	6,22	39,2	20	105000	5000	23000	17000	650	300	26	47
Yopougon	28,8	28,9	3,2	7,3	39,2	20	481800	1640000	20000	355000	42500	58000	120	1040
Banco	28,4	28,6	2,26	8,7	63,2	4	23000	103000	75000	19500	950	500	366	200
Cocody	31,2	29,1	4,86	13,3	90,8	64	1,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	170000	1315000	30000	87000	1440	1426
Marcory	29,8	28,8	5,14	14,7	115,6	24	475000	2595000	30000	1010000	20000	2700	120	88
Biétri 1	28,3	29,7	9,63	10,8	32,8	24	135000	53000	10000	1000	75000	550	333	380
Biétri 2	28,4	29,8	8,44	10,2	26,4	28	913000	40500	190000	3000	45000	1100	773	40
Koumassi 1	28	29,1	0,52	2,3	10,4	8	14000	2500	1000	1500	30000	100	53	153
Koumassi 2	28,3	30,1	0,67	3,7	25,6	24	26500	40000	1000	3000	25000	200	60	200
M'badon	28,8	29,8	2,28	1,9	18	0,4	35000	1500	5000	4100	2200	500	46	146

P : précipitations, C : crue, T : température, Sal : salinité, MES : matières en suspension, Coli T : coliformes totaux, Coli F : coliformes fécaux, Strep F : streptocoques fécaux, Clostr : clostridium.

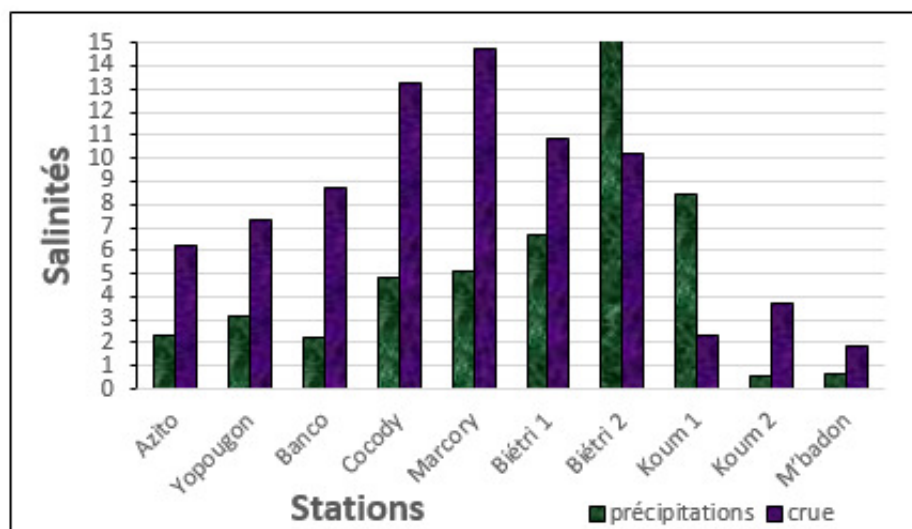
- La température** des eaux de l'estuaire est moins élevée lors des précipitations (28,0 à 29,8°C) qu'en saison de crue (27,2 à 28,9°C) (figure 2) à cause d'un refroidissement thermique de l'air en saison de précipitations. A partir du début de la saison de crue, l'arrivée des eaux continentales entraîne un réchauffement progressif de ce gradient, d'où les températures plus élevées en crue (Arfi et Guiral, 1994).

Figure 2: Evolution saisonnière de la température des eaux de l'estuaire



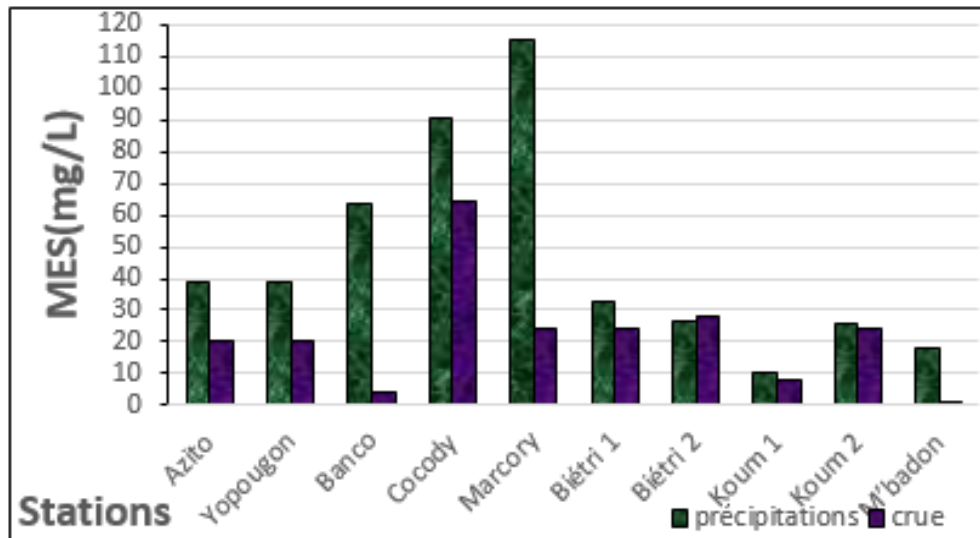
La salinité des eaux décroît des stations proches du canal de Vridi, (Biétri 8,44 à 10,8) vers les stations les plus éloignées de la communication avec l'océan (M'badon 1,9 à 2,28) (figure 3). Cependant, en période de précipitation l'influence des eaux continentales est plus marquée diluant ainsi les teneurs en sel (Lemasson et al. 1981).

Figure 3: Variation saisonnière de la salinité des eaux de l'estuaire



- Les eaux sont plus chargées en MES en période de précipitations (115,6 mg/L) qu'en saison de crue (63,6 mg/L). Les baies dont les eaux sont plus chargées en MES sont: Marcory (24 à 115,6 mg/L) et Cocody (64 à 90,8 mg/L). Les moins chargées sont M'badon (0,4 à 18 mg/L) et Koumassi (8 à 25,6 mg/L). L'important apport de MES est dû aux rejets de grandes quantités de déchets dans l'estuaire (Sogon et al., 1999).

Figure 4: Variation spatio-temporelle des matières en suspension des eaux de l'estuaire

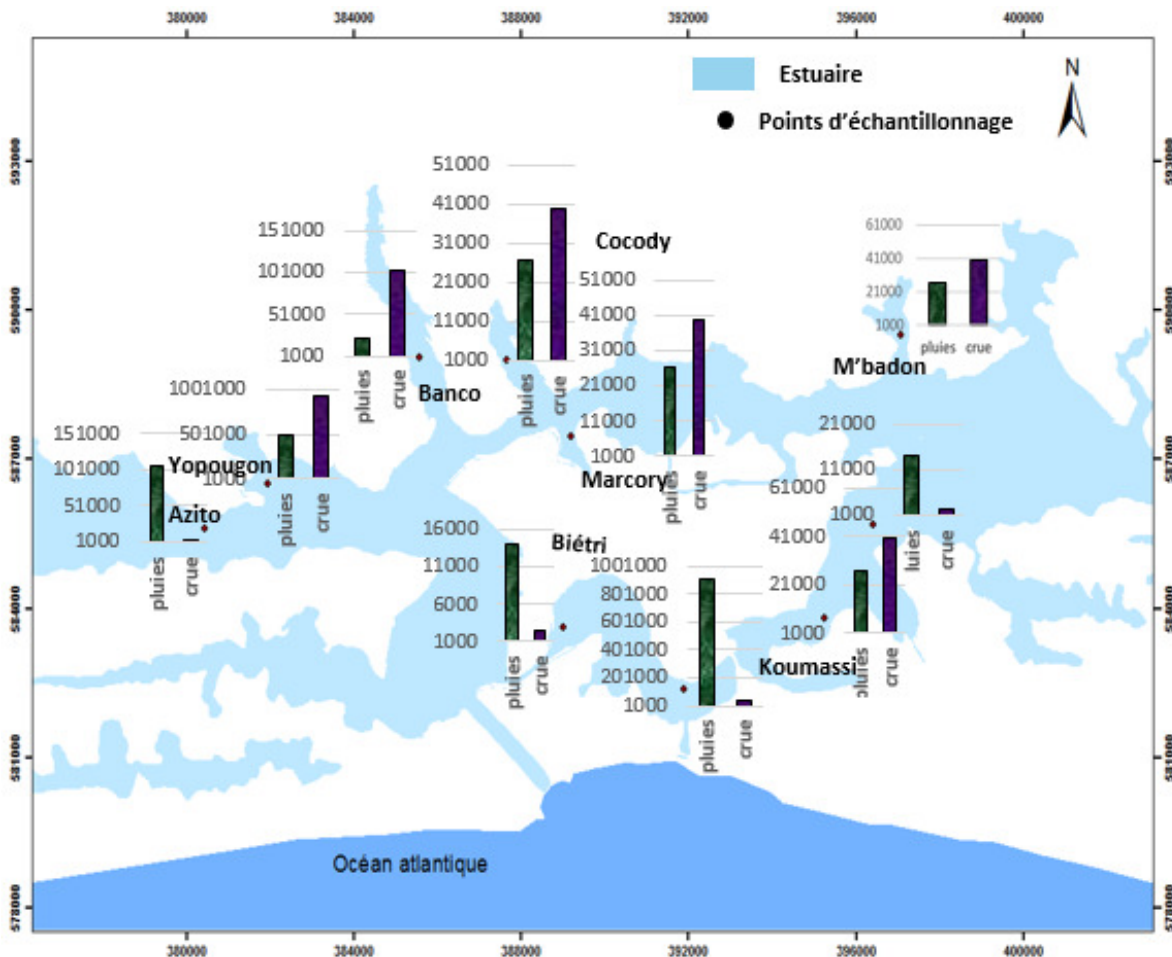


III.2 Caractéristiques Bactériologiques des Eaux de L'estuaire de la Lagune Ebrié

- **Teneurs en Coliformes Totaux des Eaux Estuariennes**

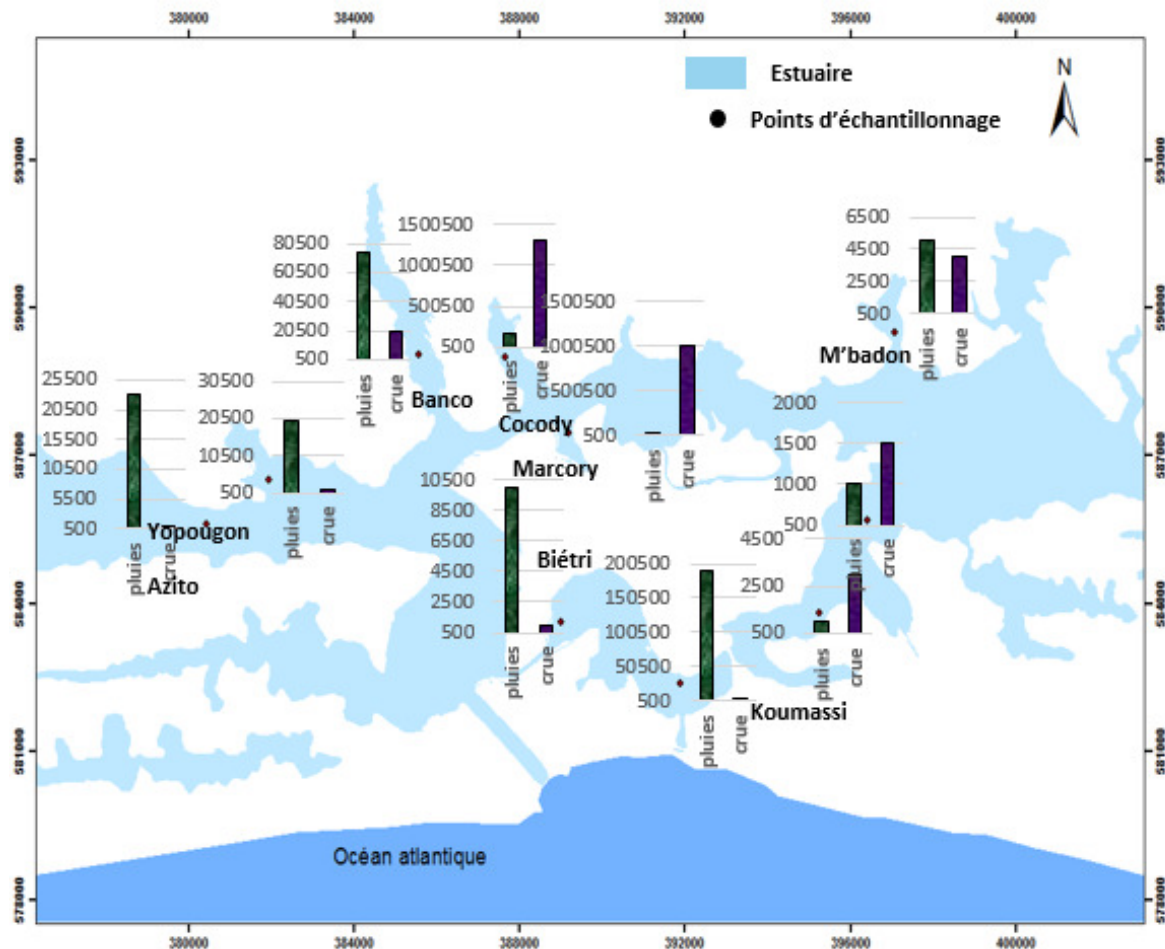
Les colonies caractéristiques de coliformes totaux sont plus élevées en saison de crue pour les stations Cocody ($1,2 \cdot 10^6$ à $2,1 \cdot 10^6$) UFC/100mL, Marcory ($0,4 \cdot 10^6$ à $2,5 \cdot 10^6$) UFC/100mL, Banco ($0,02 \cdot 10^6$ à $0,1 \cdot 10^6$) UFC/100mL, Azito (5000 à $0,1 \cdot 10^6$) UFC/100mL et M'badon (1500 à 35000) UFC/100mL. S'agissant des baies de Biétri (40500 à $0,9 \cdot 10^6$) UFC/100mL) et Azito (5000 à $0,1 \cdot 10^6$) UFC/100mL, les plus fortes quantités ont été dénombrées en période des précipitations (figure 5). La forte présence des coliformes totaux dans ces eaux estuariennes traduit une importante contamination fécale provenant surtout des populations aux abords de la lagune Ebrié. Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais peuvent également se développer dans certains milieux naturels (Izard et al., 1980).

Figure 5: Teneurs en Coliformes Totaux des eaux de l'estuaire en saison de crue et de précipitations



• **Teneurs en Coliformes Fécaux des Eaux de L'estuaire**

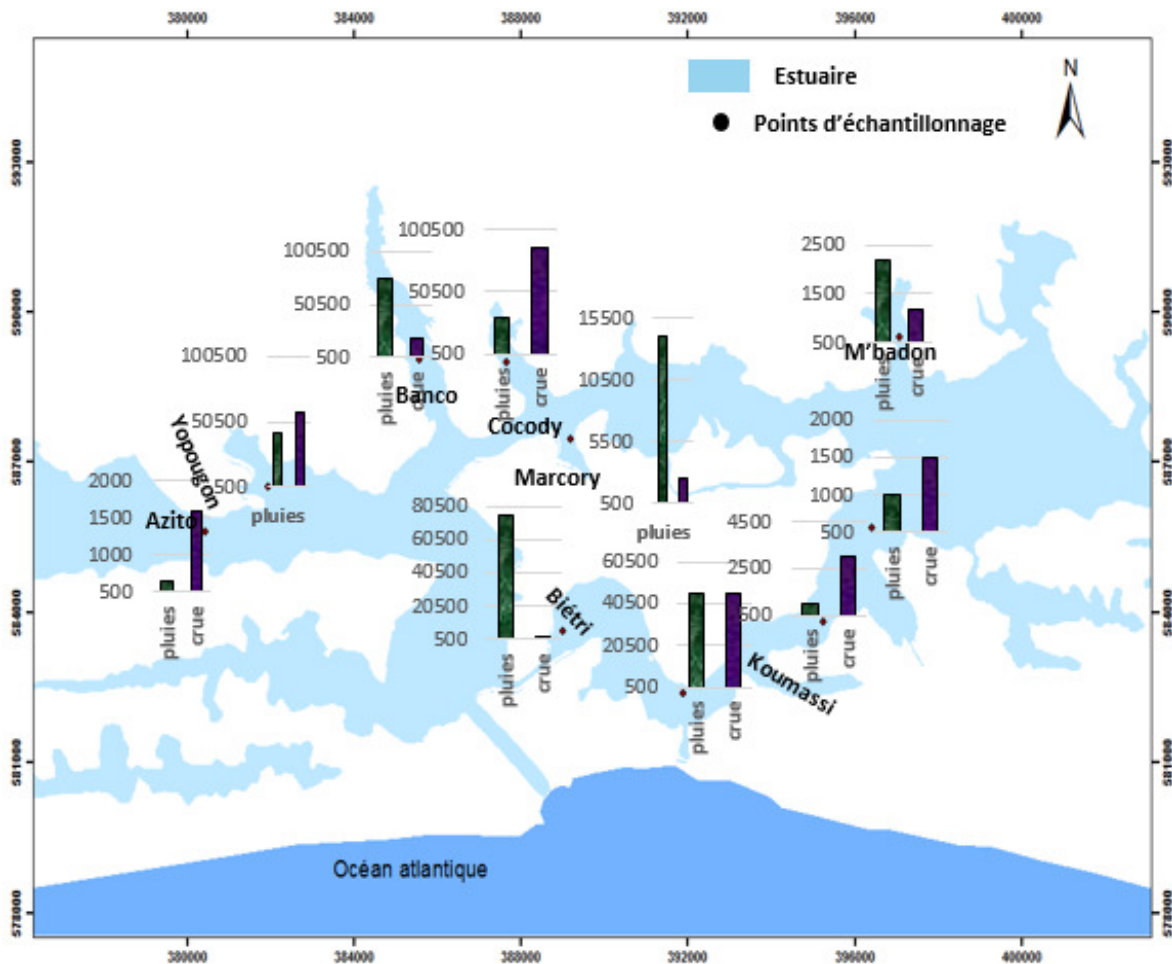
En général, les teneurs de coliformes fécaux dans les eaux de l'estuaire sont plus élevées en période des précipitations (1000 à $0,17 \cdot 10^6$) UFC/100mL qu'en période de crue (1000 à $13 \cdot 10^6$) UFC/100mL. Les eaux des stations de Cocody ($0,17 \cdot 10^6$ à $13 \cdot 10^6$) UFC/100mL et Marcory (30000 à $1,01 \cdot 10^6$) UFC/100mL présentent les plus fortes colonies (figure 6). En effet les coliformes fécaux sont indicateurs spécifiques de contamination fécale et leur présence dans les eaux est facilitée par la connaissance de leur concentration habituelle dans les matières fécales des hommes et des mammifères les plus susceptibles d'héberger des pathogènes. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (Barthe *et al.*, 1998; OMS, 2000). Les fortes teneurs de ces germes dans l'estuaire traduit donc une importante contamination des eaux estuariennes.

Figure 6: Teneurs en Coliformes Fécaux des eaux de l'estuaire

- **Teneurs en Streptocoques Fécaux des eaux de l'estuaire**

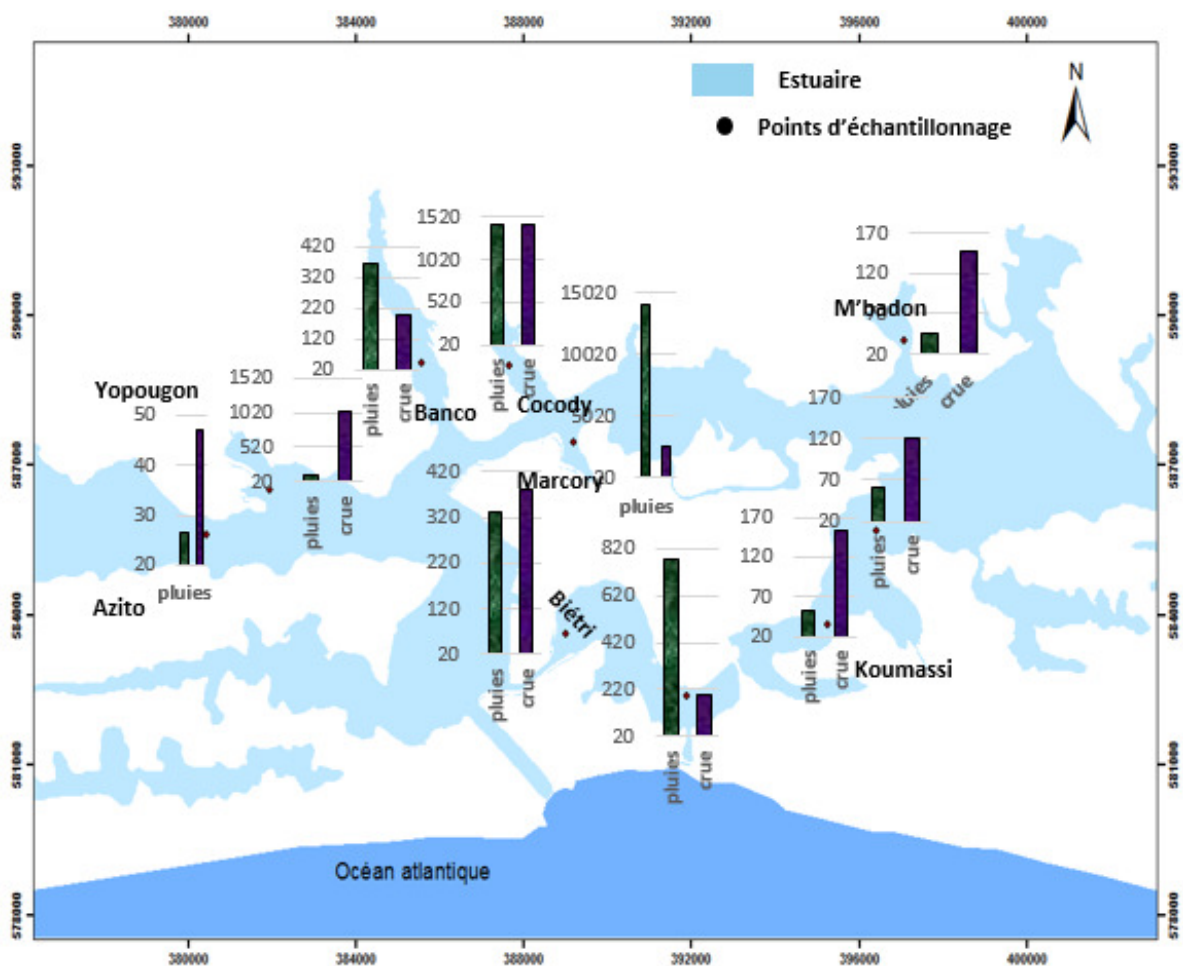
Les valeurs les plus élevées de colonies caractéristiques de streptocoques fécaux ont été observées en saison de crue pour les baies de Cocody (87000) UFC/100mL et Yopougon (58000). Concernant les baies de Banco (950) UFC/100mL, Marcory (20000) UFC/100mL, Biétri (75000) UFC/100mL et M'badon (2200) UFC/100mL, les eaux présentent leurs fortes quantités de streptocoques fécaux en période de précipitations (figure 7). Ils sont typiques des déjections animales, comme *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus* (Bitton, 1999). Ces espèces colonisent le bétail, les chevaux et la volaille bien qu'elles peuvent parfois être présentes chez l'humain, en particulier *S. bovis* (Devriese *et al.*, 1998). Ce sont donc des témoins sensibles, du fait de leur grande quantité dans les fèces, et complémentaires du fait de la concentration plus importante des streptocoques fécaux chez l'animal.

Figure 7: Teneurs en Streptocoques Fécaux des eaux de l'estuaire



• **Teneurs en Clostridium des Eaux de L'estuaire**

Les valeurs les plus élevées de clostridium sont notées en saison de crue pour les eaux des stations de M'badon (146) UFC/100mL, Koumassi (200) UFC/100mL, Azito (47) UFC/100mL et Yopougou (1040) UFC/100mL. En revanche pour les eaux des baies de Banco (366) UFC/100mL, Cocody (1440) UFC/100mL et Marcory (120) UFC/100mL, c'est à la saison des pluies que les eaux sont plus concentrées en clostridium (figure 8). Tout comme les Coliformes et les streptocoques, les taux élevés de germes de clostridium dans les eaux provient des déchets d'origine fécale mais aussi des rejets toxiques industriels qui inhibent rapidement les autres germes indicateurs (Cabelli, 1978).

Figure 8: Teneurs en Clostridiums des eaux de l'estuaire en saison de crue et de précipitations

II.3 Rapport Entre les Paramètres Hydrologiques des Eaux de L'estuaire

- **Détermination des Plans de Représentation à Partir des Valeurs Propres**

Le pourcentage de variance exprimée pour chaque facteur est donné dans le tableau II. Ces valeurs donnent la contribution de chaque facteur au nuage de points. Les trois premiers facteurs expriment 78,06 % de la variance exprimée dont 33,96 % pour F1, 30,14 % pour F2 et 13,95 % pour F3. La représentation des données dans les plans (F1-F2) et (F1-F3) rend compte de manière assez satisfaisante de la proximité des paramètres étudiés. Ces trois premiers facteurs suffisent donc pour renseigner sur les interactions physicochimiques et microbiologiques dans les eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié. Toutefois les corrélations entre les variables et les facteurs montrent que la représentation des données dans les plans (1-2) et (1-3) permet d'avoir le maximum d'information sur l'évolution des paramètres hydrologiques.

Tableau II: Valeurs propres et pourcentages des variances exprimées par les facteurs

	F1	F2	F3
Valeur propre	2,37	2,10	0,97
(%) total	33,96	30,14	13,95
% cumulé	33,96	64,10	78,06

• **Corrélation Entre les Paramètres Hydrologiques et Les Facteurs (F1, F2 et F3)**

Le facteur F1 est défini dans sa partie négative par la température (-0,70) et la salinité (-0,87) et dans sa partie positive par les matières en suspension (-0,88) (tableau III). Il définit l'origine et l'évolution saisonnière des paramètres physicochimiques dans les eaux estuariennes. La température est liée au gradient thermique (air), la salinité à l'influence marine et continentale. Les matières en suspension sont issues des apports d'eaux usées urbaines et agricoles.

Le facteur F2 est représenté par dans sa partie négative par les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridium. Il marque la pollution microbiologique. Ce sont des germes d'origine fécale déversés dans l'estuaire via les eaux usées et les rejets directs de fèces.

Le facteur F3 est marqué dans sa partie négative par les coliformes totaux (-0,90). Il montre également la pollution microbiologique.

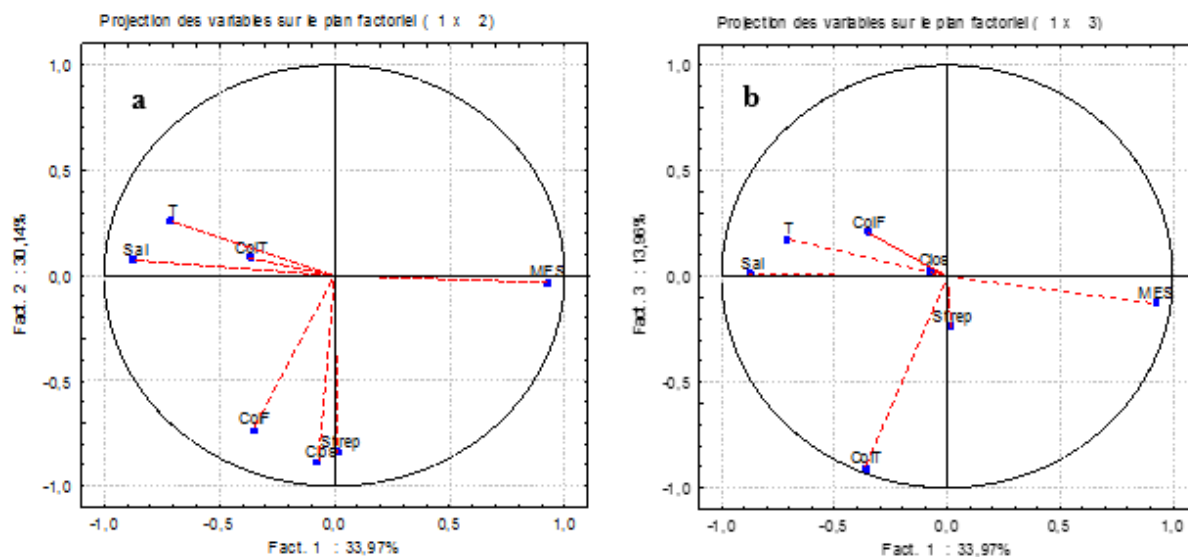
Tableau III: Corrélation entre les variables et les facteurs

	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3
T	-0,70	0,25	0,18
Sal	-0,87	0,07	0,01
MES	0,91	-0,03	-0,12
Col. T	-0,36	0,08	-0,90
Col. F	-0,35	-0,73	0,20
Strep. F	0,01	-0,84	-0,23
Clos.	-0,06	-0,88	0,02

III.4 Représentation Spatiale des Paramètres Hydrologiques des Eaux de L'estuaire

La représentation des variables dans les plans (F1-F2) et (F1-F3) montre que les coliformes sont relativement liés à la température et à la salinité (figure 9a). Les streptocoques et les clostridium n'ont aucun rapport avec ces paramètres. Les MES ne suivent pas la même évolution que les paramètres microbiologiques, la température et la salinité (figure 9b).

Figures 9a et 9b: Espace des variables dans les plans factoriels (F1, F2) et (F1 et F3).



III.5 Affinités entre les Paramètres Hydrologiques des eaux Estuariennes

L'analyse de corrélation entre les différents paramètres hydrologiques (tableau IV) révèle la présence de deux ensembles. Le premier est constitué de la température et des MES ($r \leq -0,59$) ; les MES et la salinité ($r \leq -0,78$) ; Le second groupe, les streptocoques fécaux et les clostridiums ($r \geq 0,63$). Ces corrélations permettent de comprendre que les paramètres physicochimiques n'influencent pas directement sur la formation des différentes colonies de germes d'espèces microbiologiques. Leur abondance dans les eaux dépend de l'importance des apports de fèces d'animaux et d'hommes pour les paramètres microbiologiques, des eaux marines pour la salinité et de déchets pour les MES.

Tableau IV: Matrice de corrélation des paramètres hydrologiques des eaux de l'estuaire

	T	Sal	MES	Col. T	Col. F	Strep	Clos
T	1,00						
Sal	0,42	1,00					
MES	-0,59	-0,78	1,00				
Col. T	0,13	0,28	-0,19	1,00			
Col. F	0,08	0,20	-0,25	-0,04	1,00		
Strep	-0,11	-0,17	0,03	0,08	0,45	1,00	
Clos	-0,21	0,07	-0,03	-0,08	0,53	0,63	1,00

III.3 Discussion

La salinité des eaux est faible que celle observée par Yao et *al.* (2009) dans le même secteur en raison des périodes de prélèvement.

L'analyse microbiologique et bactériologique des eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié met en évidence la présence de forts taux de germes de coliformes totaux, fécaux, de streptocoques et de clostridiums en saison de crue et de précipitations. En effet, les effluents de la ville qui aboutissent dans la lagune Ebrié sont d'origine diverses. Aussi, les populations riveraines y déposent directement ou indirectement leurs fèces (Photo 1). De même, Niamien-Ebrottie et *al.* (2008) soutiennent que la présence des bactéries résulte du déversement des eaux usées domestiques non traitées dans la lagune par les égouts (Photo 2). Aussi, pour ces auteurs, les fleuves pendant la crue ont une fonction épuratrice. Madjouline et *al.* (2013) dont l'étude est menée sur l'oued Boufekrane, expliquent qu'il existe une forte corrélation spatio-temporelle entre les saisons et la contamination microbienne. Dans notre analyse les colonies caractéristiques de streptocoques fécaux et de clostridiums sont plus nombreuses en saison de crue. La contamination d'origine fécale sur les stations étudiées, reste importante quel que soit la saison de l'année.

Photo 1: Latrines en bordure de la baie de Koumassi



Photo 2: Déchets solides dans la baie du Banco



Conclusion

L'évaluation des paramètres hydrologiques de l'estuaire de la lagune Ebrié a révélé des teneurs très élevées de germes bactériologiques à toutes les saisons (crue et précipitations).

Aussi l'étude a montré que la corrélation entre les colonies de bactéries (Coliformes Totaux Coliformes Fécaux, Coliformes Fécaux, Streptocoques Fécaux et Clostridium) et l'évolution des paramètres physicochimiques, (salinité température et matières en suspension) n'est pas établie. Ces fortes concentrations dans les eaux de l'estuaire en germes bactériologiques pourraient affecter la vie aquatique et provoquer des maladies hydriques et endémiques chez les populations abidjanaises. Cette zone mérite d'être assainie parce qu'elle est non seulement un support de subsidence pour les populations riveraines et mais aussi utile pour les industries et le tourisme.

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements au Centre Ivoirien Anti-pollution (CIAPOL) et le Laboratoire de Géologie Marine et Sédimentologie (GEOMARSE) de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody Abidjan.

Références Bibliographiques

- [1] Aminot A., Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Editions Jouve, Paris, 395 p.
- [2] Arfi R., Guiral D. 1994. Un écosystème estuarien eutrophe : la baie de Biétri. In Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II - Les milieux lagunaires, éditeurs. Editions de l'ORSTOM, Paris, pp. 336-363.
- [3] Barthe, C., J. Perron et J.M.R. Perron .1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p. + annexes.
- [4] Bitton, G. 1999. Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons, 578 p.
- [5] Cabelli, V.J. 1978. Obligate anaerobic bacterial indicators. p.171-200. In Indicators of vimses in water and food. ed. Berg-G.
- [6] Devriese, L.A., Vandamme, P., Pot, B., Vanrobaeys, M., Kersters, K., Haesebrouck, F. 1998. Differentiation between *Streptococcus gallolyticus* strains of human clinical and veterinary origins and *Streptococcus bovis* strains from the intestinal tracts of ruminants. Journal of Clinical Microbiology 36, 3520–3523
- [7] Izard, D., Gavini, F. & Leclerc, H. 1980. Polynucleotides equencerelatedness and genome size among *Enterobacter intermedium* sp. nov. and the species *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella pneumoniae*. Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene. 1 Abt. Orig. Cl: 51-60.
- [8] Lemasson L., Pages J., Dufour P., Cremoux J. L. 1981. Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. Rev. Hydrobiol. Trop., 13 (3), 191-212
- [9] Majdouline, L., Abdelmajid, S. et Azzedine, E. 2013: Contamination spatio-temporelle d'origine hydrique de l'oued Boufekrane dans la région de Meknès Tafilalt (MAROC). Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(1): pp172-184,
- [10] Metongo B. S. 2006. Synthèse sur les problèmes de la pollution côtière et marine en Côte d'Ivoire. Rapport pour le compte du projet ONUDI/GEM-CG GP/RAF/07/004/1776-2005, Référence 18019219-1, 48p.
- [11] Niamien-Ebrottié E. Julie, Konan K. Félix, Gnagne Théophile, Ouattara Alassane, Ouattara Mamadou et Gourène Germain. 2008. Etude diagnostique de l'état de pollution du système

fluvio-lagunaire Aby-Bia-Tanoé (Sud-Est, Côte d'Ivoire). Sud Sciences et Technologies, N°16, pp.5-13.

- [12] OMS .2000.Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p. Accessible à : www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/
- [13] Sogon S., Penven M.J., Bonté, P., Muxart T. 1999.Estimation of sediment yield and soil loss using suspended sediment load and ¹³⁷Cs measurements on agricultural land, BriePlateau, France. Hydrobiologia, 410, 251-261
- [14] Yao K. M, Metongo B.S., Trokourey A. and Bokra Y. 2009. Assessment of sediments contamination by heavy metals in a tropical lagoon Urban Area (Ebrié lagoon, Cote d'Ivoire). Eur. J. Sci. Res. 34 (2), pp. 280-289.