

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX ET DES SEDIMENTS DE SURFACE DE LA BAIE DES MILLIARDAIRES, LAGUNE ÉBRIE, COTE D'IVOIRE

**Bakary INZA¹, Métongo Bernard SORO^{1*}, Assoi Olivier ETCHIAN²,
Albert TROKOUREY³ et Yobou BOKRA³**

¹ *Centre de Recherches Océanologiques (CRO), 29, Rue des Pêcheurs,
BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire.*

² *Laboratoire de biologie et cytologie animales, UFR- SN, Université
d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.*

³ *Université de Cocody, UFR SSMT, Laboratoire de Chimie- Physique,
22 BP 582 Abidjan 22*

(Reçu le 06 janvier 2009, accepté le 22 Avril 2009)

* Correspondance et tirés à part, e-mail: soro_bernard@hotmail.com

RÉSUMÉ

Un suivi en 2008 des indicateurs de pollution (température, pH, salinité, conductivité, oxygène dissous, ammonium, nitrites, ortho phosphates, DBO₅, DCO, M.E.S) dans les eaux de surface, a été effectué, en vue d'estimer la qualité physico-chimique de la baie des Milliardaires. Les résultats obtenus ont révélé l'existence d'une contamination de l'eau par les eaux usées domestiques et industrielles de l'agglomération urbaine d'Abidjan, marquée par des variations spatio-temporelles importantes. L'ammonium enregistre des fortes concentrations en février (301,7 µg NH₄⁺/ L) et en juin (298,3 µg NH₄⁺/ L). Les nitrites accusent des teneurs élevées notamment en juin (5297,1 µg NO₂⁻/ L) et en août (321 µg NO₂⁻/ L), respectivement. Les ortho phosphates affichent une concentration maximale en octobre (698,3 µg PO₄³⁻/ L). Par ailleurs, le taux de matière organique mesurée dans les sédiments de surface (fraction inférieure à 63 µm) est très faible.

Mots-clés : *Qualité de l'eau, sédiments, baie des milliardaires, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire*

ABSTRACT**The physicochemical Characterization of the water and Sediments of surface of “Milliardaires” bay, Ebrié lagoon, Côte d’Ivoire**

A follow-up in 2008 of the indicators of pollution (temperature, pH, salinity, conductivity, dissolved oxygen, ammonium, nitrites, orthophosphate, BOD, COD, and SPM) in surface water was carried out, in order to consider the physicochemical quality of “Milliardaires” bay. The results obtained revealed the existence of a contamination of water by domestic and industrial worn water of the urban centre of Abidjan, marked by significant space-time variations. Ammonium records strong concentrations in February ($301,7 \mu\text{g NH}_4^+ / \text{L}$) and in June ($298,3 \mu\text{g NH}_4^+ / \text{L}$). The nitrites show contents raised in particular of June ($5\,297,1 \mu\text{g NO}_2^- / \text{L}$) and of August ($321 \mu\text{g NO}_2^- / \text{L}$), respectively. The ortho phosphate post a maximum concentration in October ($698,3 \mu\text{g PO}_4^{3-} / \text{L}$). In addition, the organic matter rate measured in sediments of surface (fraction lower than $63 \mu\text{m}$) is very weak.

Keywords: *Water quality, sediments, “Milliardaires” bay, Ebrié lagoon, Côte d’Ivoire*

I - INTRODUCTION

La lagune Ebrié est la plus importante des lagunes ivoiriennes [1]. Ce plan d’eau, situé entre $3^\circ 40'$ et $4^\circ 50'$ longitude Ouest et $5^\circ 2'$ et $5^\circ 10'$ latitude Nord, possède une superficie de 560 km^2 et s’allonge sur 130 km d’Ouest à l’Est sur le littoral ivoirien. Cette lagune joue un rôle important dans l’économie de la Côte d’Ivoire à cause de ses activités liées à la pêche, au tourisme et au transport urbain. Malheureusement, ce vaste plan d’eau saumâtre est le réceptacle des eaux usées domestiques et industrielles [2]. La lagune Ebrié est confrontée à des problèmes de pollution par les sels nutritifs et la matière organique que connaissent les plans d’eau des grandes agglomérations urbaines en Afrique.

Des problèmes d’eutrophisation sont clairement identifiés dans ce plan d’eau avec des plantes aquatiques envahissantes couvrant sa surface à certaines périodes de l’année [2]. Quelques travaux effectués sur la lagune Ebrié ont en effet établi des liens directs entre l’état de pollution de la lagune et les déversements d’eaux usées domestiques et industrielles directement déversés dans la lagune sans aucun traitement préalable [2-3]. La baie des Milliardaires est située dans la lagune Ebrié, à la périphérie d’Abidjan au Sud de l’île Boulay. Cette baie reçoit des rejets urbains et industriels via l’hydrodynamique de l’eau, de la marée, des phénomènes de brassage et de circulation des eaux. A cause de l’intensification des rejets d’effluents et de construction de nombreux complexes

de loisirs, la baie des Milliardaires qui constituait par le passé un milieu naturel peu perturbé, est sur le point de se transformer en un vrai dépotier des déchets urbains. L'objectif de cette étude vise à évaluer la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments de surface de cette baie. Ainsi, une étude temporelle et spatiale a permis de suivre l'évolution saisonnière de la température, de la salinité, du pH, de la conductivité, de l'oxygène dissous, de l'ammonium, des nitrites, des ortho phosphates, des matières en suspension, de la DBO, de la DCO au cours de l'année 2008.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Site d'étude

La baie des Milliardaires est située au Sud de l'île Boulay, en lagune Ebrié, entre 4°00' et 4°10' longitude Ouest et entre 5°10' et 5°20' latitude Nord. La hauteur moyenne annuelle des précipitations est d'environ 2800 mm. Le climat est de type attiéen avec quatre saisons : deux saisons sèches (de décembre à avril, puis d'août à septembre) et deux saisons pluvieuses (de mai à juillet puis en octobre et novembre [4]).

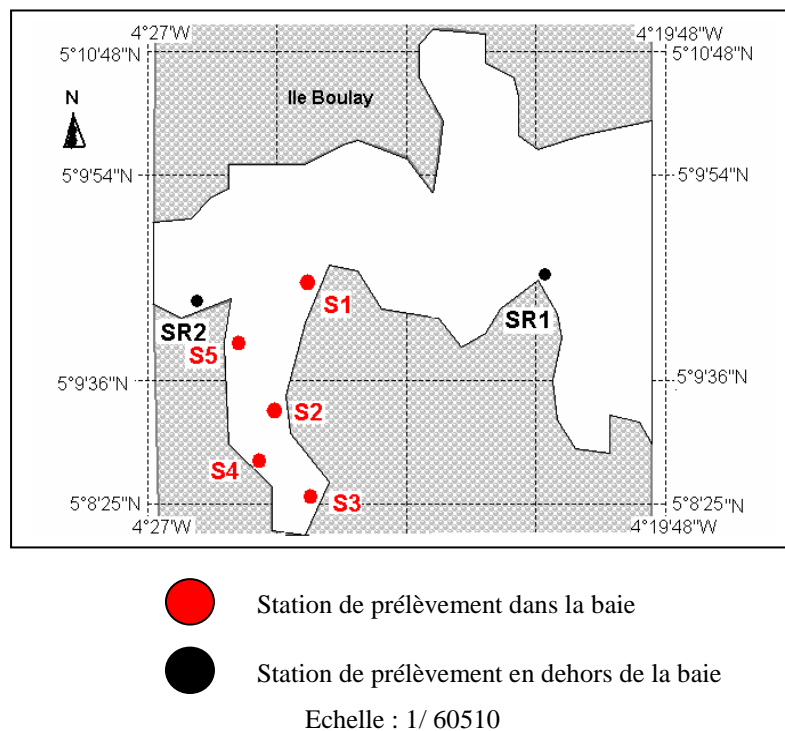


Figure 1 : Situation géographique des stations de prélèvement

II-2. Données hydro climatiques

La **Figure 2** représente les histogrammes des principaux apports océaniques et fluviaux de la lagune Ebrié selon [5]. GSS (Grande saison sèche), de décembre à avril ; GSP (Grande saison pluvieuse), de mai à juillet ; PSS (Petite saison sèche), d'août à septembre ; PSP (Petite saison Pluvieuse), d'octobre à novembre.

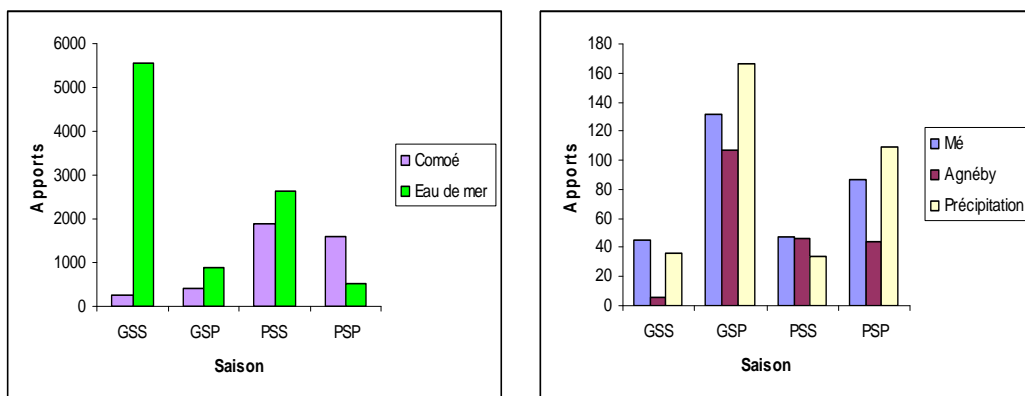


Figure 2 : Histogrammes des apports hydriques en millions de mètre-cubes de la lagune Ebrié [5]

II-3. Echantillonnage

II-3-1. Prélèvements et mesures sur terrain

Entre février 2008 et octobre 2008, cinq campagnes de prélèvements d'eau et de sédiments ont été effectuées sur les sept stations choisies (**Figure 1**). La température, le pH, la salinité, la conductivité électrique ont été mesurés in situ, à l'aide d'un multi paramètre portable (Consort, type C 835) dans l'eau de surface (0,5 m) et dans des sédiments superficiels selon les techniques de [6]. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en téflon pour l'oxygène dissous et dans des flacons en polyéthylène pour les autres paramètres.

Les échantillons de sédiments de la couche superficielle ont été prélevés à l'aide d'une benne à main et stockés dans des sachets en polystyrène. Afin d'assurer un bon état de conservation, les échantillons sont réfrigérés à une température de 4°C et mis à l'abri de la lumière dans une glacière. Ils sont ensuite transportés au laboratoire pour analyse.

II-3-2. Mesures au laboratoire

Les matières en suspension, l'oxygène dissous, les nitrites (NO_2^-), l'ammonium (NH_4^+) et les ortho phosphates (PO_4^{3-}), la Demande biochimique en oxygène (DBO_5) ont été déterminés par les méthodes homologuées par AFNOR ou citées par [6]. La Demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée par la méthode au dichromate. Les sédiments ont été séchés puis pesés pour déterminer la perte en eau et la fraction inférieure à $63\mu\text{m}$. La matière organique a été déterminée par perte au feu à 550°C [7].

II-4. Analyses statistiques

La variabilité spatio-temporelle des paramètres de pollution a été étudiée par l'analyse des variances (ANOVA) avec la significativité à $p < 0,05$.

La comparaison multiple des moyennes de chaque paramètre ainsi que leur classement a été réalisée par le test de Ducan chaque fois que l'analyse de variance a révélé des différences significatives. Tous les calculs statistiques ont été faits à l'aide du logiciel Statistica (Statistica version 7.1).

III - RESULTATS ET DISCUSSION

III-1. Paramètres physico-chimiques des eaux de surface

III-1-1. Température

La température enregistre des valeurs élevées et les valeurs maximales ($31,6^\circ\text{C}$ à $31,7^\circ\text{C}$) sont observées en février et avril pendant la grande saison sèche et la valeur minimale ($29,1^\circ\text{C}$) en juin pendant la grande saison pluvieuse, en raison de l'upwelling côtier (figures 2a et 2b). La température moyenne des eaux de surface de la baie des Milliardaires varie entre $29,9^\circ\text{C}$ et $30,4^\circ\text{C}$ (caractéristique de la zone tropicale) et les variations saisonnières ne dépassent pas $0,5^\circ\text{C}$, traduisant une absence importante de variation thermique au sein du système lagunaire Ebrié.

Des résultats similaires ont été obtenus par [8] dans les lagunes ghanéennes (33°C à 34°C), par [9] en lagune Ebrié (29°C) et par [10] dans la lagune de Grand-Lahou (25°C à 28°C). Les rejets d'eaux usées dans le milieu naturel peuvent occasionner aussi une élévation de température. Les courbes de variations de température des stations étudiées présentent la même évolution, avec des amplitudes différentes. La variabilité spatiale est comprise entre

1,7°C et 2,4°C. Les écarts les plus importants s'observent en février et avril et les moins importants en période de pluies. Cette relative stabilité thermique traduit l'homogénéité des eaux de la baie [5-11-12]. La plupart des réactions vitales sont ralenties voire arrêtées par un abaissement important de la température. A contrario, des augmentations de température peuvent avoir des effets de tuer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces en entraînant ainsi un déséquilibre écologique. Les valeurs relativement élevées de la température laisse à penser que la baie des Milliardaires est un milieu favorable au développement de la vie aquatique.

III-1-2. Salinité

La salinité moyenne des eaux de surface de la baie des Milliardaires est comprise entre 30,4 ‰ et 2,8 ‰. Les valeurs plus élevées de salinité sont observées en février et avril, pendant la période de maximum upwelling et d'étiage des rivières côtières et de la Comoé [5] (**Figures 2a et 2b**). Les valeurs plus faibles de salinité sont observées en juin-août et octobre, en saison de pluies et de crues des différents cours d'eau affluant la lagune. La forte dessalure des eaux superficielles observée entre juin et octobre s'explique par le fait que, les eaux salées de surface se diluent peu à peu aux eaux plus douces d'origine continentales.

Ces observations sont faites également par [13-14]. Les stations étudiées présentent également des courbes de même allure avec des amplitudes presque identiques. La variabilité spatiale de salinité est presque nulle, indiquant l'homogénéité du milieu. Les résultats de salinité, obtenus en baie des Milliardaires, en lagune Ebrié sont similaires à ceux obtenus par [15] dans la lagune de Mbodiène, au Sénégal.

III-1-3. Conductivité

La conductivité électrique présente une évolution parallèle à celle de la salinité. Les valeurs moyennes maximales (51,2 mS/cm à 50,5 mS/cm) sont enregistrées en février et avril, pendant la Grande saison sèche et la valeur moyenne minimale (5,8 mS/cm) en octobre, pendant la petite saison pluvieuse (**Figures 2a et 2b**). Les variations saisonnières de la conductivité pourraient s'expliquer par les apports d'eaux de mer et d'eaux continentales. En effet, lors de la marée montante, comme c'est le cas en Grande saison sèche, a lieu une augmentation importante des sels et des minéraux dissous (chlorures, sulfates, calcium).

III-1-4. pH

Le pH des eaux de la baie des Milliardaires est relativement alcalin. Les valeurs moyennes saisonnières se situent entre 7,1 et 8,3 (*Figures 3a et 3b*). Cette légère alcalinité laisse transparaître l'influence des eaux marines généralement basiques par rapport à celles d'origine continentales. Les valeurs de pH les plus élevées s'observent en avril, pendant la période de forte influence océanique et les plus faibles, en juin et octobre, pendant la période de pluies et de crues.

La baisse de pH observée en juin et octobre peut s'expliquer par l'arrivée en lagune des premières eaux de la Comoé et rivières côtières plus acides, mélangées aux premières pluies. D'une manière générale, les variations temporelles et spatiales du pH sont faibles et suivent celles de la salinité, caractéristique des régions estuariennes [16]. Le lien entre le pH et la salinité est confirmé dans l'étude de [10] effectuée en lagune rurale de Grand-Lahou, moins soumise aux rejets d'eaux usées domestiques et industrielles.

III-1-5. Oxygène dissous

Les valeurs moyennes de la teneur en oxygène dissous des eaux de surface de la baie des Milliardaires fluctuent entre 5,4 mg/L et 7,6 mg/L (*Figures 3a et 3b*). Les teneurs les plus faibles sont obtenues en février (Grande saison sèche), liées à la consommation d'oxygène par la matière organique provenant des traces d'eaux usées. Les teneurs les plus élevées sont obtenues en août, pendant la petite saison sèche. D'une manière générale, les résultats de cette étude montre que les eaux surnageantes des la baie des Milliardaires bénéficient d'une oxygénation satisfaisante. La pauvreté de la biomasse algale, consommateur d'oxygène, dans cette baie pourrait expliquer en partie ce fort taux d'oxygène.

Selon [17], l'oxygénation satisfaisante des eaux de la baie des Milliardaires est liée aux forts courants d'eau douce et marée saline. Les résultats de cette étude sont également en conformité avec ceux des travaux de [4-18] en lagune Ebrié.

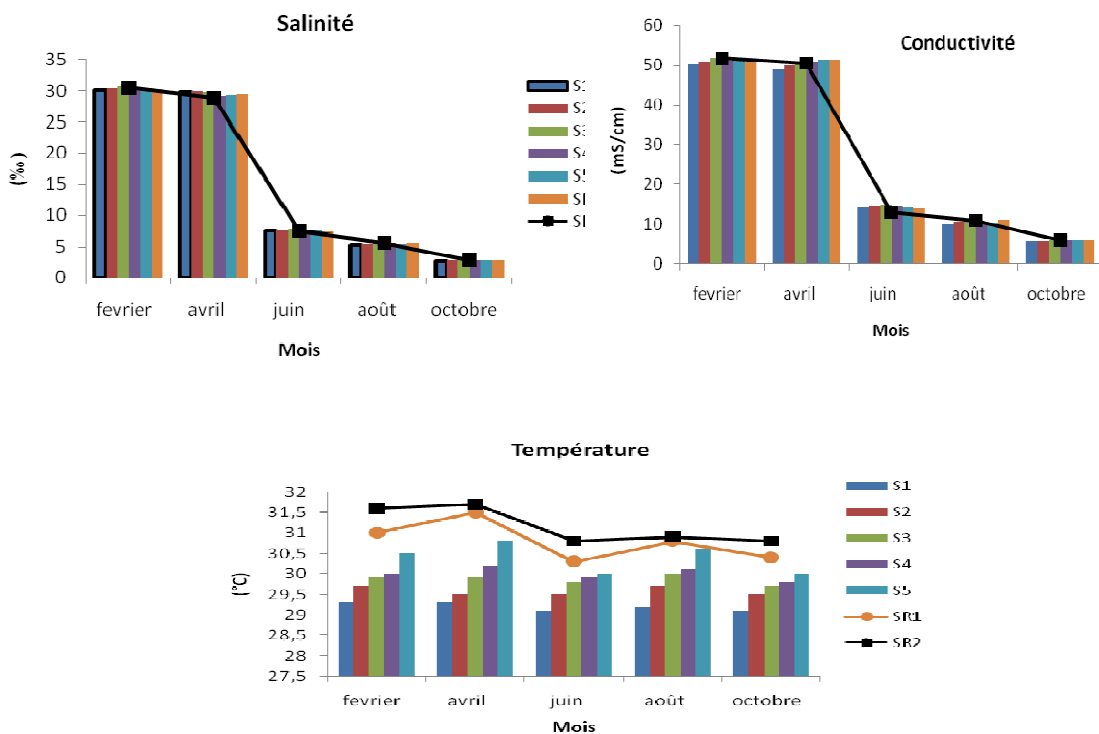


Figure 2a : Evolution spatio-temporelle de la Température, de la Salinité et de la Conductivité en baie des Milliardaires

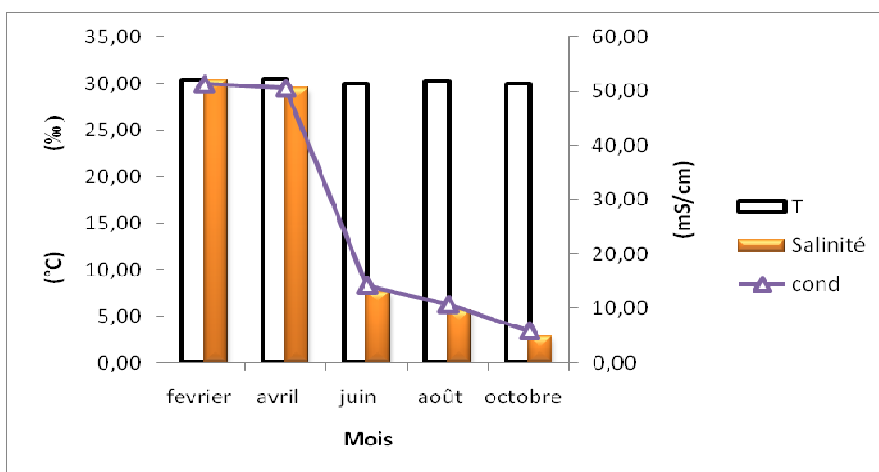


Figure 2b : Histogramme de valeurs moyennes saisonnières de la température, de la salinité et de la conductivité en baie des Milliardaires

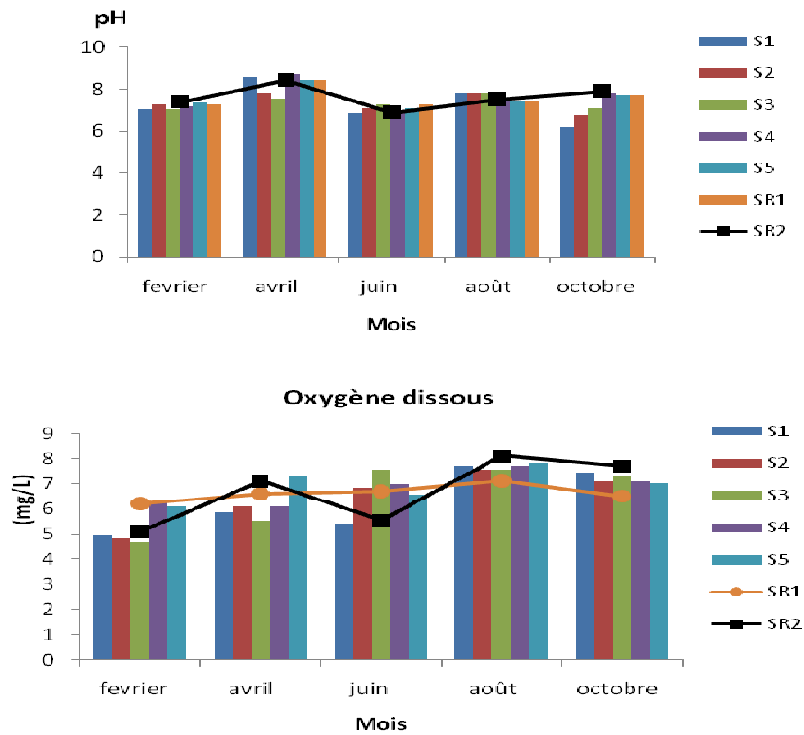


Figure 3a : Evolution spatio-temporelle du pH et de l'oxygène dissous en baie des Milliardaires

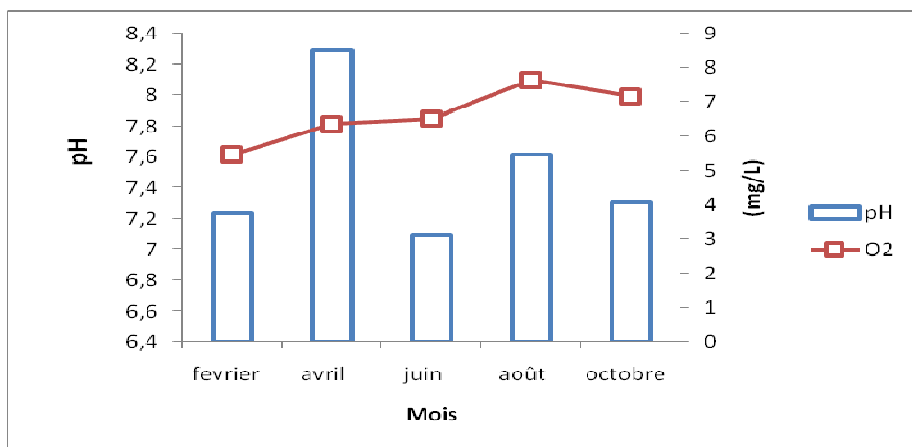


Figure 3b : Histogramme de valeurs moyennes saisonnières du pH et de l'oxygène dissous en baie des Milliardaires

III-1-6. Ammonium, Nitrites et Orthophosphates

Les teneurs élevées en sels nutritifs observées en baie des Milliardaires résultent de plusieurs phénomènes : les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles ; les apports océaniques et fluviaux ; le "lessivage" par les eaux de pluie d'engrais chimiques épandus sur les plantations industrielles. Selon [11-19] les concentrations des eaux de surface en nutriments varient régulièrement sous l'influence des milieux frontières (bassin versant, cours d'eau, océan...). La grande saison sèche, période de maximum upwelling est caractérisée par l'entrée prépondérante d'eaux marines provenant de la mer, riche en éléments nutritifs (*Figures 4a et 4b*). Ceci pourrait expliquer les valeurs en NH_4^+ élevées, observées en grande saison sèche.

Les teneurs en NH_4^+ , NO_2^- , et PO_4^{3-} élevées, observées en saison de pluies et de crues, s'explique par l'arrivée massive en lagune d'eaux usées des agglomérations, des eaux de ruissellement des précipitations, combinées aux eaux de crues des rivières côtières (Agnéby et Mé) et du fleuve Comoé en particulier, riches en sels nutritifs [9]. Le niveau de pollution en sels nutritifs déterminé dans cette étude est relativement élevé comparativement à ceux de [10] en lagune rurale de Grand-Lahou et de [4] en baie des Milliardaires en lagune Ebrié. Ce qui permet de classer la baie des Milliardaires et par ricochet la lagune Ebrié parmi les milieux eutrophes.

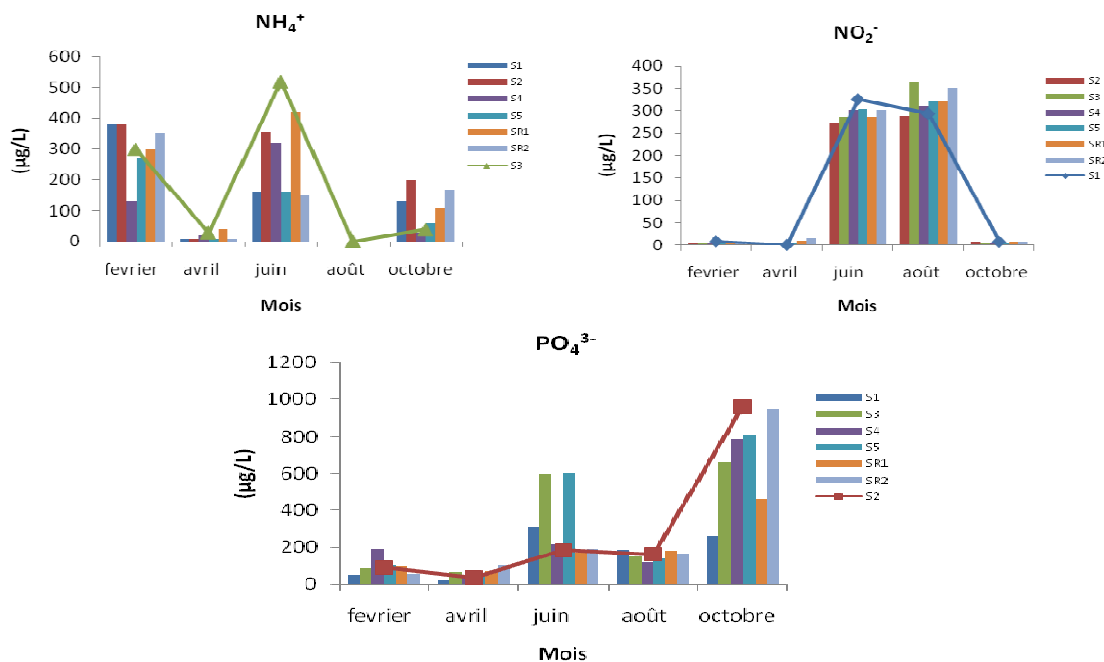


Figure 4 a : Evolution spatio-temporelle de l'ammonium, des nitrites et des orthophosphates en baie des Milliardaires

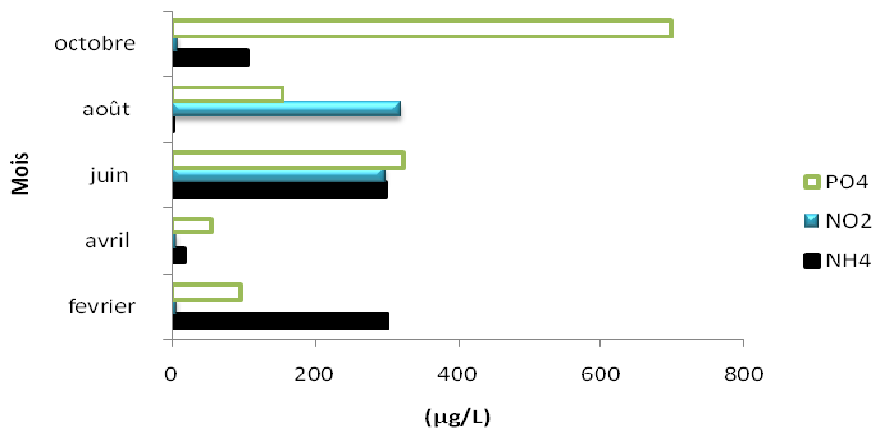


Figure 4 b : *Histogramme de valeurs moyennes saisonnières de l'ammonium, des nitrites et des orthophosphates en baie des Milliardaires*

III-1-4. DBO, DCO et MES

Les valeurs moyennes des analyses des MES, de la DCO et de la DBO₅ des eaux de surface de la baie des Milliardaires sont présentées dans le tableau 1 et varient respectivement entre (12,3 mgL⁻¹ et 20,9 mgL⁻¹), (44 mgL⁻¹ à 227,4 mgL⁻¹) et (14,2 mgL⁻¹ et 90 mgL⁻¹). D'une manière générale, les eaux de la baie sont faiblement chargées en particules solides et matière en suspension. Les valeurs les plus élevées sont obtenues en février et avril, pendant la grande saison sèche et celles les plus faibles en période de pluies et de crues. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'en saison de pluies, la circulation des eaux devient faible et les particules en suspension ont tendance à se sédimenter.

La DCO et la DBO₅ enregistrent les valeurs maximales également en février et avril, pendant la grande saison sèche, indiquant la contamination organique des eaux de la baie. Les valeurs minimales sont obtenues en périodes de pluies et de crues. Afin de caractériser la nature de la pollution et le rendement de dégradation, les rapports DCO/DBO₅ ont été calculés (**Tableau 1**). Selon [20], si le rapport DCO/DBO₅ est inférieur à 3, l'effluent est à dominante organique et facilement biodégradable. La présente étude montre que les rapports DCO/DBO₅ sont compris entre 2,5 et 3,8 ; ce qui correspond aux caractéristiques d'eaux usées domestiques avec une dégradation facile.

Tableau 1 : Valeurs moyennes temporelles des MES, de la DCO et de la DBO₅ des eaux superficielles de la baie des Milliardaires.

	Février	Avril	Juin	Août	Octobre
MES (mgL ⁻¹)	29,9	20,2	19,4	17,4	12,3
DCO (mgL ⁻¹)	227,4	209	188,7	179,1	44
DBO ₅ (mgL ⁻¹)	90	62	61,2	47,1	14,2
DCO/DBO ₅	2,5	3,4	3,1	3,8	3,1

III-1-5. Matrice de corrélations

L'analyse de corrélation [21] entre les paramètres physico-chimiques étudiés (**Tableau 2**) montre qu'il y a une bonne corrélation entre les nitrites, le DBO₅, la conductivité et la salinité ($r > 0,5$). Le pH, l'oxygène dissous et les MES montrent également une affinité avec la salinité ($0,35 \leq r < 0,5$). Ceci pourrait s'expliquer par la grande influence des apports d'eaux océaniques et continentales sur ce paramètre.

Tableau 2 : Matrice de corrélation de quelques paramètres physico-chimiques des eaux de surface en baie des Milliardaires.

	T°C	S (%)	pH	Cond	O ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	DBO	DCO	MES
T°C	1										
S	0,24	1									
pH	0,37	0,35	1								
Cond	0,26	1	0,36	1							
O ₂	0,28	-0,35	0,47	-0,33	1						
NH ₄ ⁺	-0,09	0,14	-0,5	0,14	-0,5	1					
NO ₂ ⁻	-0,08	-0,58	-0,23	-0,57	0,2	-0,02	1				
PO ₄ ³⁻	-0,15	-0,41	-0,23	-0,42	0,06	0,3	0,01	1			
DBO	0,03	0,64	-0,08	0,64	-0,5	0,42	-0,04	-0,45	1		
DCO	0,31	0,53	0,14	0,53	-0,06	0,09	0,14	-0,46	0,56	1	
MES	-0,05	0,44	0,03	0,43	-0,27	0,16	0,05	-0,24	0,45	0,54	1

III-2. Paramètres physico-chimiques des sédiments de surface

Les caractéristiques physico-chimiques des sédiments de surface prélevés en 2008 en baie des Milliardaires sont consignées dans le tableau 3. Les valeurs moyennes de température varient entre 31 °C et 31,5 °C. Les températures les plus élevées s'observent en février et avril, pendant la grande saison sèche et celles les plus faibles en juin, pendant la grande saison de pluies. Les variations saisonnières sont faibles traduisant l'homogénéité des sédiments de

la baie. Les valeurs moyennes de la salinité et de la conductivité varient respectivement entre (0,4 ‰ et 6,9 ‰) et (1,4 mS/cm et 13,7 mS/cm). Les valeurs plus élevées s'observent également en février et avril, période de maximum upwelling et celles les plus faibles en octobre, pendant la petite saison de pluies. La salinité et la conductivité sont corrélées entre elles. En plus, elles présentent des courbes de variations similaires à celles des eaux de surface. Ceci peut s'expliquer par la faible profondeur de la baie (environ 3 m) qui facilite les interactions sédiments – eaux de surface. Les valeurs moyennes du pH varient entre 7,1 et 7,7.

Le caractère basique des sédiments de la baie peut s'expliquer par le fait que les eaux océaniques (basiques) coulant au fond de l'eau constituent l'interface des sédiments. Le taux de matière organique des sédiments analysés est très faible. Les valeurs moyennes varient entre 1,1 % et 1,3 %. Ces sédiments sont constitués de sables moyens (500 à 250 μm) dont la fraction fine inférieure à 63 μm varie de 1,3 % à 1,5 % avec une teneur en eau qui se situe entre 17,9 % et 18,9 %. Ce taux bas de matière organique est une caractéristique des sédiments superficiels sableux et sablo- vaseux des eaux de faible profondeur, recouverts d'une pellicule de microalgues composée essentiellement de diatomées. Les résultats de cette étude sont conformes à ceux de [4] en baie des Milliardaires.

Tableau 3 : *Evolution temporelle des paramètres- physico-chimiques des sédiments*

	Mois Saison	Février (GSS)	Avril (GSS)	Juin (GSP)	Août (PSS)	Octobre (PSP)
Température (°C)	Moyenne Ecart-type	31,4 0,8	31,5 0,9	31 0,5	31,3 0,6	31,1 0,6
Salinité (‰)	Moyenne Ecart-type	6,9 0,8	6,9 0,8	3,7 0,1	1,7 0,2	0,4 0,2
pH	Moyenne Ecart-type	7,6 0,5	7,7 1,2	7,6 0,3	7,5 0,2	7,1 0,5
Conductivité (mS/cm)	Moyenne Ecart-type	13,7 1,5	13,4 1,5	3,2 0,2	2,3 1,4	1,4 0,4
Matière organique %	Moyenne Ecart-type	1,4 0,8	1,3 0,9	1,2 0,8	1,3 0,8	1,1 0,5
Fraction < 63 μm %	Moyenne Ecart-type	1,5 0,3	1,5 0,4	1,4 0,3	1,5 0,3	1,3 0,4
Teneur en eau %	Moyenne Ecart-type	18,7 1,4	18,6 1,4	17,9 0,9	18,1 1,1	18,9 1,5

IV - CONCLUSION

Cette étude nous a permis de faire un diagnostic de l'état de pollution de la baie des Milliardaires. Ce diagnostic comprend une évaluation de la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments de surface de cette baie. Une estimation de la matière organique ainsi qu'une analyse granulométrique des sédiments, ont été aussi établies. Les résultats ont montré qu'il y a une forte dégradation de la qualité de l'eau marquée par l'augmentation des indicateurs de pollution (ammonium, nitrites, orthophosphates, DBO₅ et DCO. L'oxygénation des eaux est satisfaisante et le taux de matière organique des sédiments analysés est très faible. Une analyse statistique (corrélations de Bravais Pearson) a montré que la salinité est liée à la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés. Les caractéristiques des eaux et des sédiments de surface de la baie des Milliardaires, en lagune Ebrié, sont similaires à celles des lagunes tropicales eutrophiques, causées par les apports d'eaux continentales et les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. En conséquence, un traitement approfondi des eaux usées avant rejet en lagune devrait permettre d'améliorer la qualité de l'eau.

RÉFÉRENCES

- [1] - J. R. DURAND ET D. GUIRAL, Hydroclimat et hydrochimie. In : Environnement et ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome 2 ; les milieux lagunaires, J.R. Durand, P. Dufour, D. Guiral et S.G.F. Zabi. éditeurs. Editions de ORSTOM, Paris, (1994) 59-90
- [2] - M MARCHAND. ET J. L. MARTIN, Détermination de la pollution chimique (Hydrocarbures, Organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des Sédiments. Océanogr. Trop. 20 (1), (1985) 25-39
- [3] - I. KOUADIO ET J. H. TREFRY, Sediment trace metals contamination in Ivory Coast, West Africa. Water air Soil Pollut, (1987) 54-145
- [4] - S. G. ZABI, Y. SANKARE, B. SOULEMANE, B. S. METONGO, et J. ABE, Données de base sur la bio-écologie de l'Arche, Arca senilis (Pelecypode, Arcidae) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). I: Milieu physique. (Soumis aux éditions du COMARAF), (1990).
- [5] - F. VARLET, Le régime de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Paris, Trav. Doc. ORSTOM, (1978) 83-164
- [6] - J. RODIER, « L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : physico- chimie, bactériologie et biologie », Ed. Dunod, Paris, France, 8, (1996)

- [7] - G. ROFES, «Etude des sédiments : Méthodes de prélèvement et d'analyse pratiques au Laboratoire de Sédimentologie» Centre Technique de Genie Rural des eaux et des Forêts, (1980).
- [8] - K. YANKSON, Gonad maturation and Sexuality in West African bloody Cockle *Anadara senilis* (L.). *J. Molluscan Stud*, (1982) 294-300.
- [9] - A. M. KOUASSI, A. S. TIDOU ET A. KAMENAN, Caractéristiques hydroclimatiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Partie I: Variabilité Saisonnière des paramètres hydrologiques *AGRON. AFR*, (2005) 117-137
- [10] - S. K. KOUAKOU, A. M. KOUASSI, A. A. ADINGRA, B. K. DONGUI, D. GNAKRI, Variations saisonnières des paramètres Abiotiques des eaux d'une lagune tropicale : La lagune de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire, ISSN. 1450 – 216X Vol. 21. N°3, (2008) 376-393.
- [11] - J. PAGES, L. LEMASSON ET DUFOUR, Eléments nutritifs et production primaire dans les Lagunes de Côte d'Ivoire. *Doc. Sci. CRO. Abidjan*, 3, (1979) 1-30
- [12] - P. DUFOUR, J. J. ALBARET., J. R. DURAN. et D. GUIRAL, Fonctionnement de l'écosystème Ebrié. In *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'ivoire. Tome 2 : les Milieux lagunaires*, Durand J. R., Dufour P., Guiral et Zabi S. G. F. éditeurs. Editions De ORSTOM, Paris, (1994) 509-528.
- [13] - D. GUIRAL, R. ARFI ET J.P. TORRETON., Mécanismes et incidences écologiques de l'homogénéisation annuelle de densité dans un milieu eutrophe stratifié. *Hydrobiologia*, 183, (1989) 196-210.
- [14] - P. H. DUFOUR, Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. *Incidences sur l'hydroclimat. Hydrobiologia* 94, (1982) 105-120.
- [15] - J. P. DEBENAY., D.L. TACK, M. BA, I. SY, Quantitative Ecology of *Anadara senilis* in a lagoon of Senegal *Publi. COMARAF*, (1990) 1-31
- [16] - J. DAGET ET J. R. DURAND, Etude du peuplement de poisson d'un milieu portohalin : La baie de Cocody en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM Ser. Hydrobiol*, 2 (2), (1968) 91-111.
- [17] - P DUFOUR ET M. SLEPOUKHA, L'oxygène dissous en lagune Ebrié : Influences de l'hydroclimat et de pollution. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan. Vol. VI, n° 2*, (1975) 75-118.
- [18] - J. M. CHANTRAINE, D. GUIRAL ET R. DJEDJE, Analyses physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié effectuées de 1979 à 1981 au cours des programmes « Variabilités interannuelles et Baie de Biétri ». *Arch. Sci. Cent. Océanogr. Abidjan*, 10 (6), (1984) 21-71.

- [19] - P. DUFOUR ET LEMASSON, Le régime nutritif de la lagune tropicale Ebrié, Côte d'Ivoire), *Océanogr. Trop.* 20 (1), (1975) 41-69
- [20] - K. M. YAO, B. S. METONGO, A. TROKOUREY ET Y. BOKRA, Détermination de certains paramètres de pollution dans les baies d'une lagune tropicale : La lagune Ebrié Côte d'Ivoire), *J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan.* Vol. IV, n° 1, (2007) 1-10
- [21] - K. PEARSON ET A. LEE, *Biometrika* in Snedecor G.W. and Cochran W.G. (eds). *Methode Statistique*, (1903)