

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL HYDROLOGY

Open Access Online Journal of the International Association for Environmental Hydrology

VOLUME 25

2017

CARACTERISATION SAISONNIERE DE L'HYDROLOGIE D'UN ESTUAIRE SOUS FORTE PRESSION ANTHROPIQUE ET NATURELLE : LA LAGUNE EBRIE (SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)

Aka Ané Maurice
Ama Valérie Wognin
Etché Mireille Amani
T.J. Gael Irié Bi
Aoua Sougo Coulibaly
Sylvain Monde

Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Université Félix Houphouët-Boigny
Abidjan, Côte d'Ivoire

La partie estuarienne de la lagune Ebrié subit d'énormes pressions anthropiques et des forçages naturels saisonniers. Un suivi de l'évolution de son hydrologie au cours de l'année 2014 a révélé qu'elle est fortement influencée par les saisons lagunaires. Ainsi, la salinité, le pH, l'oxygène dissous, la température et la transparence sont plus élevés en saison d'étiage surtout au voisinage du canal de Vridi sous forte influence marine (Biétri et chenal d'Azito). Les matières en suspension sont plus abondantes en saison des précipitations surtout au centre de la zone estuarienne où les rejets domestiques et industriels sont plus accrus (Biétri, Cocody et Marcory). Les sels nutritifs (ammoniums, phosphates, nitrates, nitrites) caractérisent la saison de crue surtout à l'est de l'estuaire, proche du fleuve Comoé (Koumassi et M'badon). Les eaux de l'estuaire sont chaudes, pauvres en oxygène, en nitrites et nitrates mais riches en phosphates et en ammoniums..

The estuarine part of the Ebrié lagoon undergoes enormous anthropogenic pressures and seasonal natural forcings. Monitoring of the evolution of its hydrology during the year 2014 revealed that it is strongly influenced by the lagoon seasons. Thus, salinity, pH, dissolved oxygen, temperature and transparency are higher in the low-water season especially in the vicinity of the Vridi channel under strong marine influence (Bietri and Azito Channel). Suspended matter is more abundant during the precipitation season, especially in the center of the estuarine zone where domestic and industrial releases are increased (Biétri, Cocody and Marcory). Nutrient salts (ammonium, phosphates, nitrates, nitrites) characterize the flood season, especially in the eastern estuary, near the Comoé river (Koumassi and M'badon). The estuary waters are warm, low in oxygen, nitrites and nitrates but rich in phosphorus and ammonium.

INTRODUCTION

L'estuaire de la lagune Ebrié est le point d'aboutissement principal de tous les déchets émanant d'activités anthropiques dans le district d'Abidjan, mais aussi de rejets d'eaux fluviales de son bassin versant. Tous ces forçages sont la cause de la dégradation de ce milieu pourtant très utile d'un point de vue écologique, social et économique. Les eaux de ruissellements et des canalisations déversés dans cet estuaire entraînent des déchets, causes de la mortalité des poissons, du développement de micro-organismes pathogènes néfastes pour l'environnement de mauvaises odeurs, et de maladies endémiques et hydriques (la typhoïde et diarrhée) (Métongo, 2006). Trois principaux cours d'eau (Comoé, Mé et Agnéby) acheminent au niveau de cette zone, différents types de polluants dont les éléments nutritifs (Nedeco, 1981). De nombreux travaux réalisés notamment, ceux de Yao et *al.*, 2009 et Kouassi et *al.* 2005 ont montré des états d'anoxie, d'asphyxie et des teneurs en nutriments très élevées dans ces baies estuariennes d'Abidjan.

La présente étude est une contribution à l'effort d'assainissement de la lagune Ebrié et vise à évaluer la qualité physicochimique des eaux de son estuaire au cours des saisons.

METHODOLOGIE

Echantillonnage et mesures des paramètres environnementaux

Les campagnes d'échantillonnage ont été réalisées entre février et décembre 2014 dans les différentes baies de la lagune Ebrié (figure 1). Six (6) campagnes d'échantillonnage d'eau ont été effectuées en raison de deux (2) campagnes par saison lagunaire (l'étiage de Janvier à Avril ; la saison des précipitations de mai à août et la crue de septembre à décembre). Les mesures sur le terrain des paramètres hydrologiques (La température, salinité et l'oxygène dissous) ont été faites à l'aide d'un multiparamètre de type Orion Star 4. Pour chaque station, les prélèvements et les mesures sont faites en surface et au fond. Au laboratoire, le spectrophotomètre d'absorption moléculaire à UV visible de type UV-160A a servi à analyser les sels nutritifs (ammonium, nitrates, nitrites, phosphates).

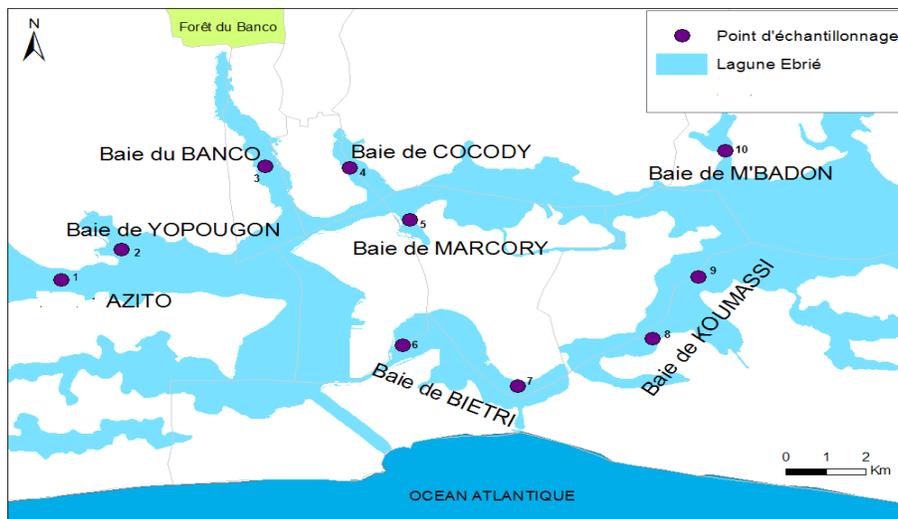


Figure 1. Localisation des stations de prélèvement dans l'estuaire de la lagune Ebrié.

La partie estuarienne de la lagune Ebrié est limitée par les différentes communes du district d'Abidjan où se déroulent plusieurs activités industrielles. Ces industries se concentrent essentiellement dans les communes de Yopougon, Port Bouët, Koumassi, Treichville et Marcory. Les secteurs agro-alimentaires, chimie et de l'énergie sont plus importants (Figure 2).

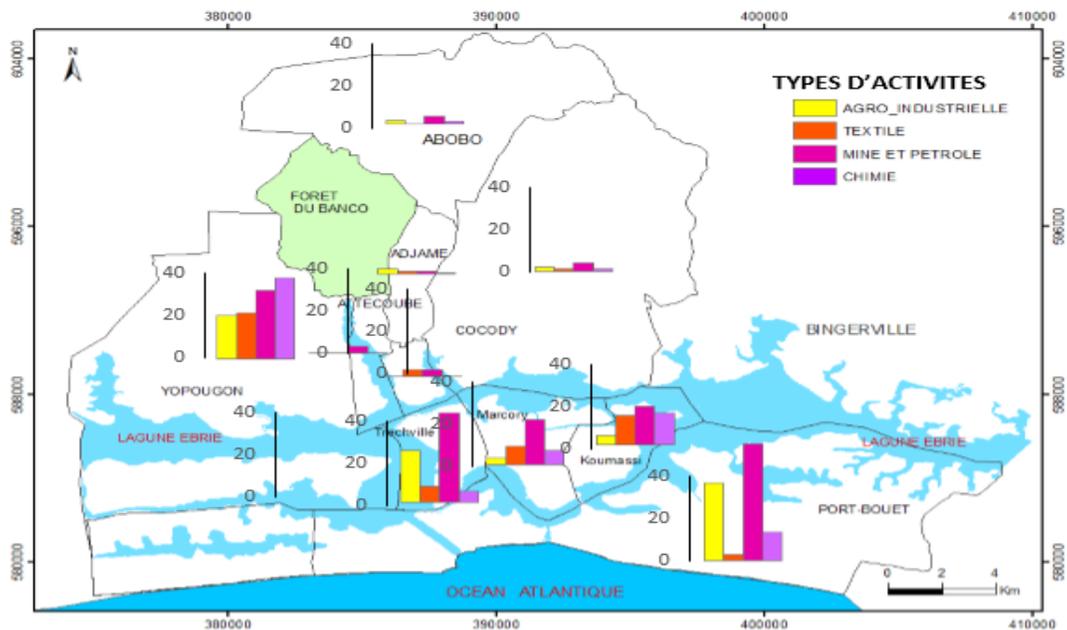


Figure 2. Carte de concentration (%) des activités industrielles d'Abidjan

RESULTATS ET DISCUSSION

Evolution saisonnière des paramètres physicochimiques des eaux de l'estuaire

Le Tableau I présente les résultats d'analyse des paramètres hydrologiques en 2014.

Le pH des eaux superficielles de l'estuaire est relativement moins élevées (6,15 à 8,15) que celles des eaux de fond (6,27 à 8,2) avec un écart moyen de $\pm 1,93$ (Figures 3a et b). En effet, les eaux marines basiques circulent au fond alors que les eaux continentales acides et moins denses occupent la surface de l'estuaire. Ces eaux sont légèrement alcalines en saison d'étiage (7,0 à 8,1) qu'en période de précipitations (6,35 à 7,81) et de crue (6,15 à 7,49). Aussi, le caractère basique augmente-t-il au fur et à mesure que l'on se rapproche du canal de Vridi. Les pH des eaux des baies du Banco (7,03 à 8,1) et Biétri (7,23 à 8,2) et du chenal d'Azito (6,98 à 8,0) proches des eaux marines sont significativement plus élevés que ceux de Cocody (6,27 à 7,6), Koumassi (6,39 à 7,6) et M'badon (6,15 à 7,1) plus éloignés de la mer. Ainsi, la légère alcalinité laisse transparaître l'influence des eaux marines généralement plus basiques par rapport à celles d'origines continentales (Inza et al., 2009). A l'opposé, les eaux relativement acides traduisent l'influence des eaux continentales et des eaux de pluies sur les eaux océaniques (Bouih, 2005).

La température évolue de 27,7°C à 30,9°C en surface et est légèrement plus élevée que celle des eaux de fond (27,0 à 29,7°C) (Figures 4a et b). Cette différence est due aux faibles profondeurs des baies (4,8 m en moyennela température est plus ou moins homogène sur toute la tranche d'eau. cependant, ces eaux sont plus chaudes en étiage (28,7 à 30,9°C; 7,0 à 8,1) que lors des précipitations (27,0 à 28,5°C) et de la crue (27,2 à 28,9°C). En fait, la saison des précipitations est caractérisée par

Tableau I. Résultats d'analyse des paramètres hydrologiques dans l'estuaire de lagune Ebrié de février à décembre 2014.

		T			pH			Sal			O2			MES		
Baies	niv	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C
Azito	S	31,1	28,1	28,3	7,8	7,21	6,98	23,6	11,1	8,1	6,9	3,7	4,8	75	107	71
	F	29,3	27,7	28,0	8,0	7,35	7,08	25,66	13,1	9,9	4,1	1,6	3,6	75	101	61
Yopoug	S	30,9	28,5	28,9	7,5	7,02	6,97	27,19	9,3	7,7	4,6	3,6	4,1	65	131	71
	F	29,1	27,5	28,3	7,9	7,15	7,05	27,61	12,5	8,2	3,3	0,3	0,7	85	81,0	91,5
Banco	S	30,3	28,4	28,6	7,7	7,10	7,03	26,44	7,6	5,2	5,6	2,5	4,7	95	101	70
	F	28,8	27,1	28,2	8,1	7,1	7,26	29,57	11,6	5,2	2,4	0,8	2,5	98,5	101	78,6
Cocody	S	29,9	28,5	28,8	7,3	6,60	6,27	24,71	3,31	4,9	4,5	1,8	2,4	125	147	89,5
	F	29,5	28,4	28,3	7,6	6,78	6,49	26,72	8,38	7,2	2,5	0,3	1,1	115	161	139
Marcor	S	29,5	27,7	28,3	7,1	6,59	6,83	25,93	4,39	5,2	5,6	2,2	3,9	97,5	159	85,5
	F	28,7	27,5	28,1	7,5	6,96	6,86	27,36	8,76	8,9	3,9	1,1	1,5	140	167	80
Biétri 1	S	30,2	28,2	28,9	8,1	7,32	7,29	28,84	13,8	10,8	5,4	2,1	4,9	105	118	51,5
	F	29,7	28,0	28,8	8,1	7,39	7,23	30,29	20,3	11,9	2,8	0,3	2,3	82,5	129	56,2
Biétri 2	S	30,5	28,4	28,7	8,1	7,75	7,49	27,42	12,0	10,2	4,9	2,1	4	102	125,5	75,6
	F	29,4	27,0	27,2	8,2	7,81	7,23	30,12	20,1	10,5	2,6	0,3	2,3	98,5	132	87,3
Koum 1	S	30,6	28,2	29,0	7,1	6,39	6,72	20,05	3,25	1,7	6,7	5,1	3,9	75	105	88,2
	F	29,9	27,9	28,0	7,5	6,78	6,87	21,62	8,9	5,8	3,0	1,6	3,9	54,2	99,3	76,2
Koum 2	S	30,7	28,2	29,2	7,1	6,56	6,68	19,71	3,18	1,2	5,7	4,5	4,8	80	100	83
	F	28,0	27,0	28,0	7,6	6,9	6,98	20,13	10,2	7,9	2,8	1,7	3,8	68	121	103
M'bad	S	30,4	28,8	28,6	7,0	6,35	6,15	18,66	2,28	1,1	7,4	5,6	6,4	12,5	58,5	20,2
	F	28,5	26,9	28,2	7,1	6,73	6,27	22,41	12,0	8,7	4,3	2,1	3,1	15	75,6	25,9
		Transp			PO ₃ ⁴⁻			NH ₄			NO ₂ ⁻			NO ₃ ⁻		
Baies	niv	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C
Azito	S	1,5	1,3	0,7	0,6	5,1	1,3	0,6	0,7	2,2	0,01	0,7	2,2	1	2,3	1,5
	F				1,7	10	5,2	0,2	1,1	3,1	0,01	0,04	0,07	2,1	2,6	0,5
Yopoug	S	1	1,1	1	1,6	5,1	4,6	0,2	1,2	2,7	0,01	1,21	2,7	1,1	0,7	0,4
	F				2,6	7,0	5,6	0,4	1,0	2,9	0,01	0,06	0,03	0,4	0,7	1,4
Banco	S	1	0,8	1	1,1	7,1	8,5	0,2	0,8	1,2	0,01	0,89	1,7	1,5	1,1	1,2
	F				1,2	8,1	9,5	0,3	1,2	2,7	0,04	0,04	0,04	0,5	1,6	1,5
Cocody	S	0,8	0,8	0,5	0,7	1,8	1,6	0,7	3,5	0,9	0,03	0,04	0,02	1,3	0,5	0,6
	F				1,5	3,9	4,0	0,3	1,5	1,3	0,04	0,03	0,03	0,4	0,4	0,6
Marcor	S	0,8	0,6	0,7	1,0	3,9	3,1	0,3	2,2	0,8	0,02	0,05	0,04	1,6	1,2	1,4
	F				2,8	3,2	4,8	0,6	1,8	1,3	0,03	0,04	0,03	0,4	0,5	0,6
Biétri 1	S	1,5	0,9	1	0,9	0,8	2,5	0,2	1,9	2,1	0,01	1,06	2,22	1,0	0,8	1,5
	F				1,5	6,5	3,4	0,7	1,6	2,2	0,01	0,07	0,14	1,2	0,7	0,5
Biétri 2	S	1,8	1	1,2	0,8	0,6	1,9	0,5	2,0	2,2	0,01	1,02	2,31	1,1	1,1	1,3
	F				2,2	4,6	5,0	0,4	2,20	3,0	0,01	0,09	0,17	1,2	0,8	1
Koum 1	S	1	0,8	0,9	3,5	12	17	2,0	5,29	3,4	0,03	2,09	5,74	1,0	0,9	1,3
	F				8,3	24	28	2,1	3,58	4,7	0,02	0,05	0,07	0,6	0,7	1,1
Koum 2	S	1	1	0,7	3,6	13	17	1,7	1,47	2,6	0,02	2,47	5,8	0,9	0,6	1,2
	F				4,8	30	17	1,3	2,47	5,8	0,03	0,03	0,06	0,7	0,6	1,1
M'bad	S	1	0,9	1	2,2	7,5	8,2	0,7	0,77	1,6	0,07	0,74	1,95	0,9	0,9	0,9
	F				5,9	8,4	9,5	0,5	0,74	1,9	0,02	0,03	0,01	0,8	0,6	0,5

des températures faibles dues au refroidissement thermique de l'air (Arfi et Guiral, 1994). A partir du début de la saison de crue, le renforcement des eaux continentales entraîne un réchauffement progressif qui se produit en décembre. D'où les températures relativement plus élevées.

Les eaux sont plus riches en **oxygène dissous** en surface (de 1,8 à 7,4 mg/L) qu'au fond (0,3 à 4,3 mg/L) (Figures 5a et b). Ces faibles teneurs au fond peuvent s'expliquer par l'oxydation des matières organiques apportées par les rejets urbains. En surface, les taux élevés sont imputables à l'action des marées qui diluent l'eau de l'estuaire, à l'activité photosynthétique des algues et aux apports

atmosphériques d'oxygène par diffusion (Debyser, 1955). Ces eaux estuariennes sont plus oxygénées en étiage (2,4 à 7,46 mg/L) qu'en saison de crue (0,7 à 6,4 mg/L) et des précipitations (0,3 à 5,6 mg/L) (figures 5a et b).

Les MES sont moins concentrées dans les eaux superficielles (12,5 à 159,86 mg/L) que dans les eaux de fond (15 à 167 mg/L) à cause de la remise en suspension de sédiments d'interface (Figures 6a et b). Aussi le fort taux de sédimentation dans les eaux diminue la quantité de MES de la surface au profit des eaux de fond (Guiral et al., 1993). Ces eaux sont plus chargées en MES en période de précipitations (58,5 à 167 mg/L) qu'en saison de crue (20,2 à 139 mg/L) et d'étiage (12,5 à 140 mg/L). L'important apport de MES à certains endroits de l'estuaire est dû aux rejets de grandes quantités de déchets du fait de l'urbanisation et de l'industrialisation (Sogon, 1999).

La transparence des eaux estuariennes est en générale faible au cours des saisons lagunaires (0,5 à 1,5 m). Néanmoins, elle est plus importante en étiage (0,8 à 1,5 m) où l'apport des eaux marines plus transparentes est plus élevé (Figure 7). Les faibles transparences observées en période de précipitations (0,6 à 1,33 m) et de crue (0,5 à 1,2 m) résultent d'une forte turbidité.

Variation saisonnière des sels nutritifs dans les eaux superficielles de l'estuaire

Les phosphates sont généralement plus concentrées au fond (1,2 à 30 mg/L) qu'en surface (0,6 à 17 mg/L), avec un écart moyen de 6,8 mg/L. Les conditions d'anaérobies du fond sont favorables à la remobilisation par diffusion moléculaire ou par la production de phosphates à partir de la dégradation bactérienne. L'ordre croissant d'évolution des phosphates est: étiage (0,7 à 8,3 mg/L) < crue (1,3 à 28 mg/L) < précipitations (0,6 à 30 mg/L) (Figure 8a et b).

Les teneurs élevées en phosphates résultent des rejets d'eaux usées domestiques, industrielles, et agricoles. En saison des pluies, les eaux de drainage des terres agricoles apportent les engrais chimiques épandus sur les plantations industrielles (Inza et al., 2009).

En étiage, les faibles concentrations de phosphates peuvent être attribuées en partie à l'action de la microfaune aquatique (El Morhit et al., 2013).

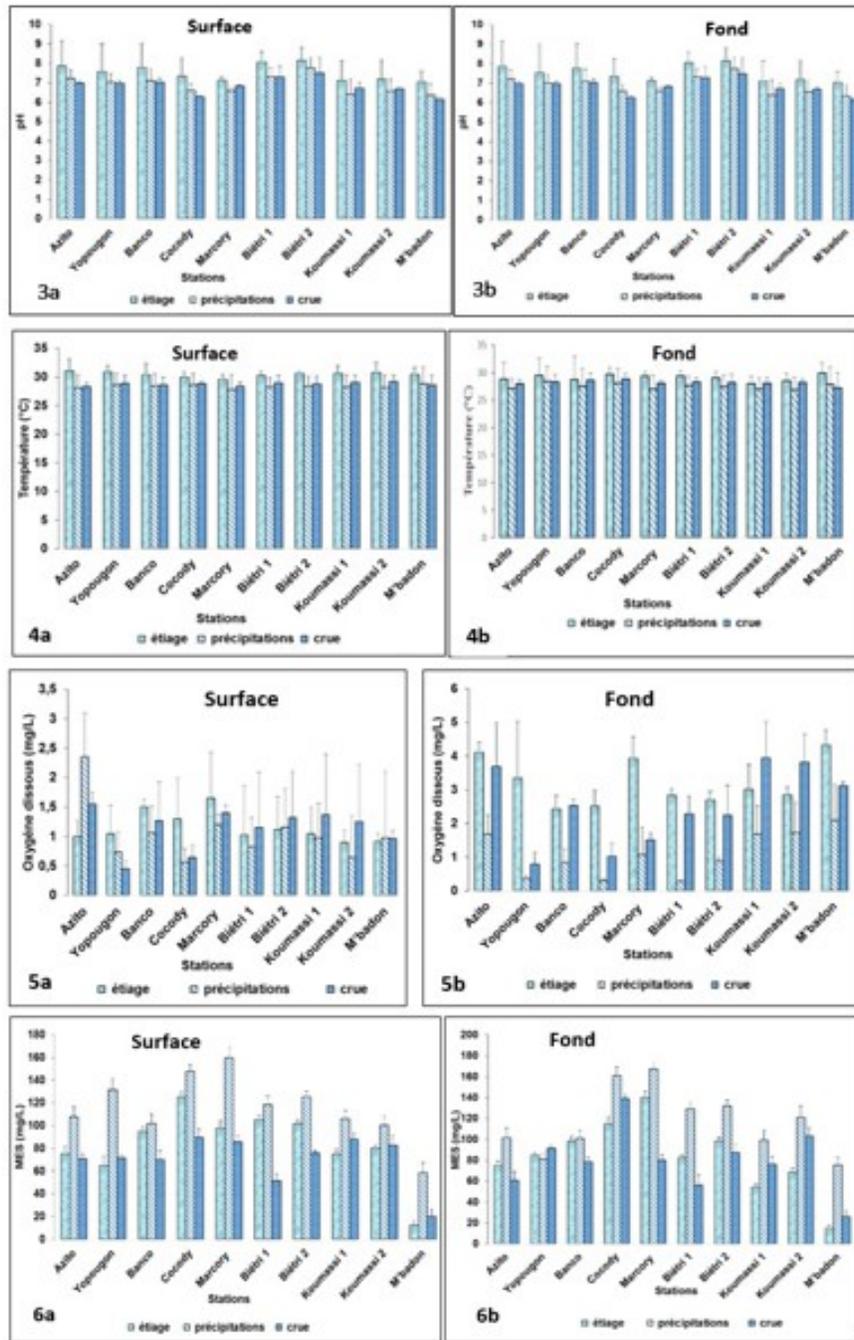
Les concentrations d'ammoniums dans les eaux de l'estuaire varient très peu de la surface (0,2 à 5,29) mg/L au fond (0,2 à 5,8) mg/L. Les plus fortes teneurs d'ammoniums dans les eaux ont été observées en saison des précipitations et de crue surtout dans les baies de Koumassi (5,8) de Cocody (3,5) mg/L, et de Biétri (3,08) mg/L.

Quant aux nitrites, L'ordre d'évolution saisonnière est: étiage < précipitations < crue. Dans les eaux où les concentrations en oxygène sont élevées (Biétri Azito et M'badon), les fortes concentrations en nitrites sont dues principalement à l'oxydation intermédiaire de l'azote. Pour les baies de Cocody, et Marcory où le taux d'oxygène est très faible, l'enrichissement en nitrites est lié à la réduction des nitrates (Kouassi, 2005). Les nitrites sont plus abondants dans les eaux de surface (0,01 à 5,74) mg/L qu'à l'interface eau-sédiment (0,01 à 0,17) mg/L avec une différence moyenne de $\pm 2,69$ mg/L.

ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMETRES HYDROLOGIQUES

Corrélation entre les paramètres hydrologiques

L'analyse de corrélation effectuée entre les différents paramètres hydrologiques (Tableau II) révèle la présence de trois ensembles. Le premier est constitué de descripteurs bien corrélés entre eux: la température et la transparence ($r \geq 0,70$); la température et le pH ($r \geq 0,73$); l'oxygène dissous et la transparence ($r \geq 0,77$); les nitrites et les phosphates ($r \geq 0,77$).



Figures 3 à 6. Evolution saisonnière des paramètres physicochimiques dans les eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié

Le second groupe, est constitué d'éléments assez à faiblement corrélés : la température et l'oxygène dissous ($r \geq 0,69$); l'oxygène dissous et le pH ($r \geq 0,55$); les ammoniums et les phosphates ($r \geq 0,60$); la transparence et le pH ($r \geq 0,67$).

Le troisième ensemble est constitué de variables inversement corrélées ou anti corrélées. Les ammoniums et le pH ($r \leq -0,53$). Ces corrélations entre les paramètres permettent de voir leurs fluctuations mais aussi leur répartition saisonnière et spatiale.

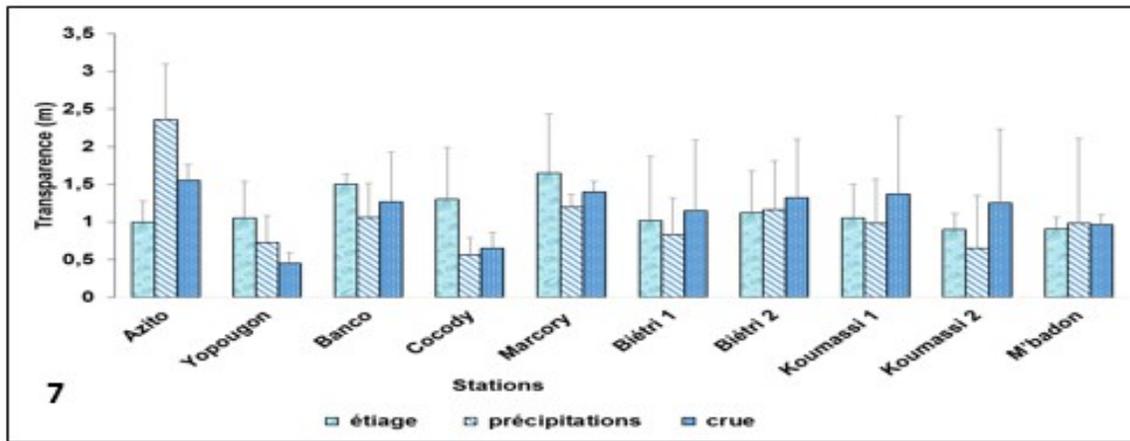
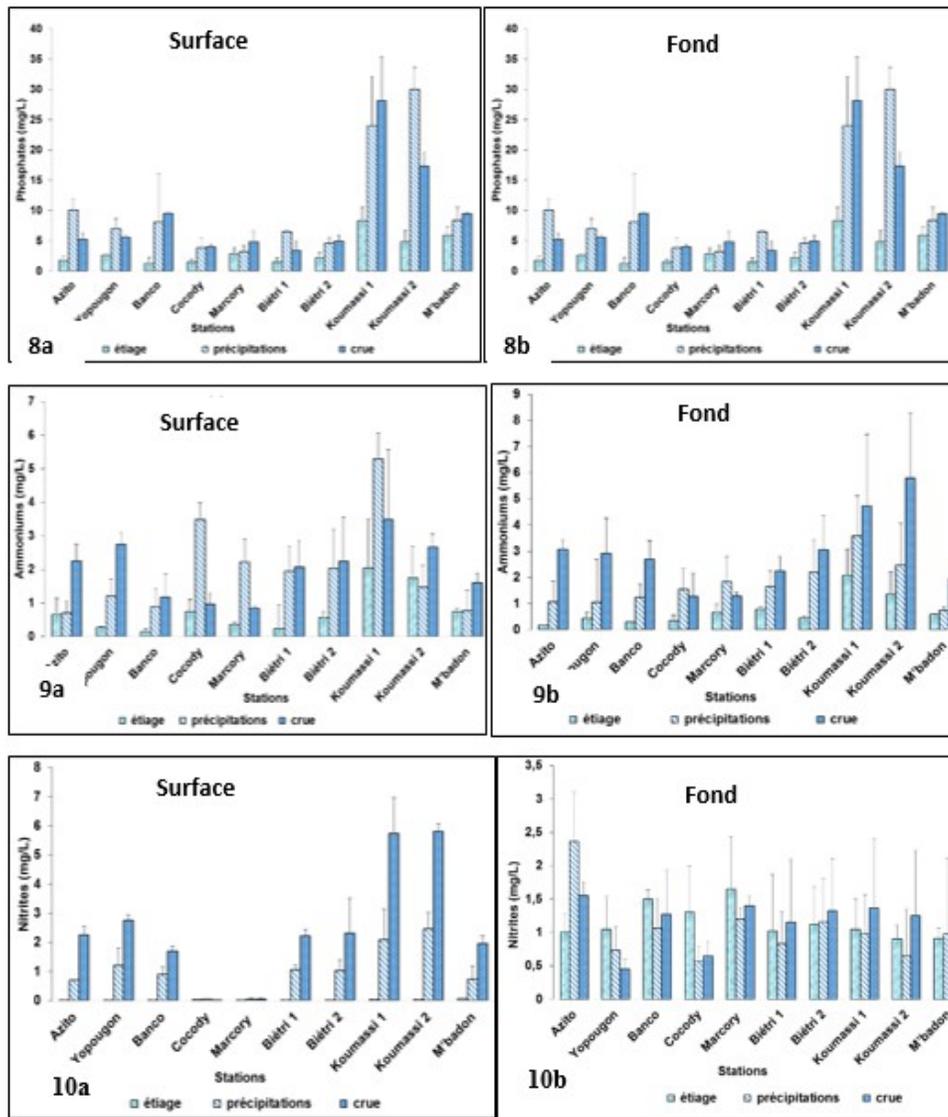


Figure 7. Evolution saisonnière de la transparence des eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié.



Figures 8 à 10. Evolution des sels nutritifs dans les eaux de l'estuaire de la lagune Ebrié.

Tableau II. Matrice de corrélation des paramètres hydrologiques des eaux de l'estuaire

	T	pH	O ₂	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	MES	Transparence
T	1,00							
pH	0,73	1,00						
O₂	0,69	0,55	1,00					
NO₂⁻	-0,22	-0,24	0,00	1,00				
NH₄⁺	-0,46	-0,53	-0,42	0,74	1,00			
PO₄³⁻	-0,20	-0,26	-0,16	0,77	0,60	1,00		
MES	-0,26	-0,13	-0,61	-0,31	0,10	-0,04	1,00	
Transparence	0,70	0,67	0,77	-0,18	-0,45	-0,34	-0,49	1,00

Représentation spatiale des variables hydrologiques

Le facteur F1 est déterminé dans sa partie positive par la température (0,82), l'oxygène dissous (0,71), la transparence (0,79) et le pH (0,79). Dans sa partie négative il est déterminé par les phosphates (-0,57) et les ammoniums (-0,80) (*Figure 11*). Les corrélations entre l'oxygène dissous et la température ($r = 0,69$), la transparence et l'oxygène dissous ($r = 0,77$), le pH et la transparence ($r = 0,73$) témoignent que ces quatre paramètres suivent la même évolution saisonnière et ont la même origine (intrusion d'eaux marines). En effet, la saison étiage (températures élevées) correspond à l'arrivée massive des eaux marines basiques et transparentes. Par contre, en période des précipitations et de crue, c'est le phénomène contraire qui se produit et on observe une prédominance des eaux continentales sur celles de la mer. Au cours de ces différentes saisons, les eaux turbides des cours d'eau (fleuve Comoé, Mé et Agnéby) et les eaux de ruissellement réduisent la transparence des eaux estuariennes et les teneurs des sels nutritifs deviennent plus importantes. Le facteur F1 définit le rythme saisonnier sur la qualité des eaux estuariennes.

Avec une inertie de 22,23 %, la deuxième composante F2 est déterminée par les MES (0,77) dans sa partie positive et les nitrites (-0,74) dans sa partie négative. La faible corrélation entre ces deux variables (-0,31) montre qu'elles sont d'origines différentes qui pourraient être les eaux de drainage des terrains agricoles pour les nitrites et les eaux de ruissellement, les eaux marines et les eaux continentales pour les MES. Les cours d'eaux continentaux ayant un bassin versant fortement agricole et en zone forestière, transportent de la matière organique et des fertilisants agricoles. La dégradation de la matière organique et des fertilisants agricoles enrichit le milieu aquatique en nutriments. Le tableau de corrélation met ici en évidence la corrélation inverse entre sels nutritifs et salinité. Le facteur F2 définit l'origine des nutriments par les apports superficiels.

Représentation spatiale des unités statistiques

Le groupement de variables montre une distribution spatiale des relevées (*Figure 12*). Aussi, la structure dégagée par le plan (F1, F2) montre-t-elle l'individualisation de deux zones selon leur qualité hydrologique. La zone I est constituée par les relevés des stations de la saison d'étiage caractérisés par les eaux pauvres en nutriments, mais plus riches en oxygène dissous, plus transparentes, basiques et à températures élevées. La zone II comprend les relevés des stations des saisons de crue et des précipitations. Ce sont des eaux à faible transparence, peu oxygénées, à des températures basses et riches en nutriments.

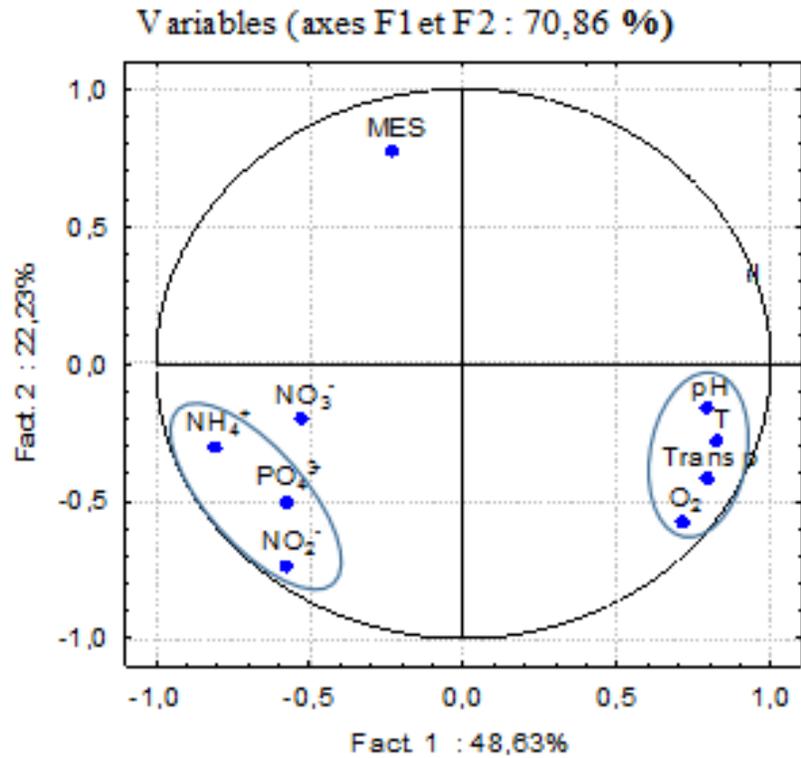


Figure 11. Espace des variables dans le plan factoriel F1-F2.

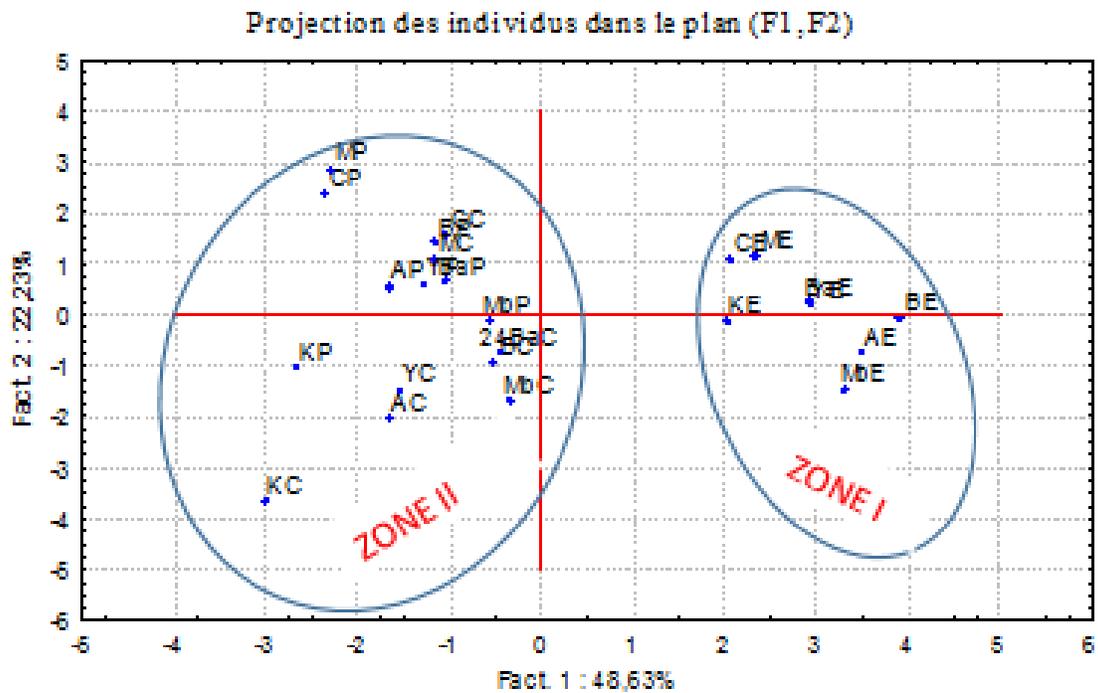


Figure 12. Espace des individus dans le plan factoriel F1-F2.

DISCUSSION

Les températures en surface et au fond sont nettement dans la fourchette habituelle des températures des eaux de la lagune Ebrié depuis 1994 (28,2° à 29,3°C en surface et 25 à 29°C au fond) (Dufour, 1994; Durand *et* Guiral, 1994). Ces températures sont également proches de celles enregistrées par Yao *et al.* (2009) dans la zone estuarienne de la lagune. Ces températures élevées (25 à 30 °C et plus) affectent la qualité des eaux qui deviennent médiocres, voire même polluées pour la vie aquatique et l'usage domestique. Les valeurs de pH variant de 8,1 à 6,15 en surface et 6,27 à 8,2 au fond sont de même ordre que celles observées par Yao *et al.* (2009) dans les eaux des baies estuariennes ($7,46 \leq \text{pH} \leq 8,17$).

Les valeurs d'oxygène dissous restent inférieures à celles mesurées par Keumean *et al.* (2013), au niveau du grau de Bassam. Ces eaux faiblement oxygénées sont le fait des nombreuses décharges d'ordures ménagères et industrielles qui entraînent le confinement du milieu et mettent en péril la vie aquatique

- Les valeurs de la transparence (0,5 à 1,8) sont conformes à celles déterminés par Yao *et al.* (2009) dans les baies de la lagune Ebrié (0,7 et 1,90 m). Ces auteurs ont montré que la baie des milliardaires proche du canal de Vridi et donc de la mer est la plus transparente (1,90 m) des baies étudiées et la baie de banco soumise aux rejets domestiques et industriels et aux apports du fleuve Comoé est la moins transparente (0,8 m).

- Les valeurs en matières en suspension des eaux (12,5 à 159,86 mg/L) en surface et (15 à 167 mg/L) en profondeur corroborent avec celles de Kouassi *et al.* (2005) dont les valeurs vont de 48 à 97,04 mg/L en surface et de 128 à 151,60 mg/L au fond.

Evolution saisonnière des sels nutritifs dans les eaux de la zone estuarienne

Les teneurs en nutriments dans notre étude sont généralement supérieures à celle obtenues par Kouassi *et al.* (2005), et par Yao *et al.* (2009) Cet accroissement des teneurs est lié à l'urbanisation accélérée, l'usage croissant des engrais et la croissance démographique et industrielle sur les baies lagunaires. Il est également lié aux déversements continus des eaux usées domestiques et industrielles qui ne cessent d'être émises dans l'estuaire sans traitement préalable. ces eaux sont donc impropres pour l'usage domestique et peuvent affecter la vie des espèces aquatiques (Ganoullis, 1991).

CONCLUSION

Les saisons lagunaires influencent fortement l'hydrologie de l'estuaire de la lagune Ebrié. Ainsi, le pH, l'oxygène dissous, la température et la transparence sont plus élevés dans les eaux en saison d'étiage surtout au voisinage du canal de Vridi sous forte influence marine (baie de Biétri et chenal d'Azito). Les matières en suspension sont plus abondantes en saison des précipitations surtout au centre de la zone estuarienne où les rejets domestiques et industriels sont plus accrus (baies de Biétri, Cocody et Marcory). Les sels nutritifs (ammoniums, phosphates, nitrites) caractérisent la saison de crue surtout à l'est de l'estuaire, proche du fleuve Comoé où les influences des eaux continentales sont plus prononcées (baies de Koumassi et M'badon). La température, l'oxygène dissous et les nitrites sont plus concentrés dans les eaux de surface. En revanche, la salinité, le pH, les matières en suspension, les phosphates et les ammoniums sont plus importants dans les eaux de fond. Les eaux sur toute l'étendue de l'estuaire sont chaudes, anoxiques par endroit, pauvres en nitrites et nitrates mais riches en phosphores et en ammoniums. Elles sont donc impropres à la nutrition des espèces aquatiques, et sujette à la la prolifération d'agents pathogènes vecteurs de maladies hydriques.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos sincères remerciements au Centre Ivoirien Anti-pollution (CIAPOL) pour les analyses en laboratoire; au Professeurs Aka Kouamé du laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie de l'UFR STRM; et au Professeur Djagoua Eric Valère du Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) de l'Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan) pour l'instruction du document

RÉFÉRENCES

- Affian K. 2003. Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (lagune Ebrié en Côte d'Ivoire), par des études géochimiques, bathymétrique et hydrologiques. Contribution du SIG et de la télédétection, Thèse de doctorat d'Etat es Sciences Naturelles, Université de Cocody, 225p.
- 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, Durand J.R., Dufour P., Guiral D. et Zabi S. éditeurs. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Bouih H B.; Nassali H.; Leblans M.; Srhiri A. 2005. Contamination en Métaux Traces des Sédiments du Fouara, Afrique SCIENCE 01 (01) PP 109-12.
- Debyser J. (1995). Etude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Rev. Inst. Fr. Pétrole, 1(5), 319-334
- Dufour P., Durand J.R., Guiral D. ; Zabi S. 1994. Editions de l'ORSTOM, Paris, 35-58. El Morhit M., Fekhaoui M., Serghini A., El Blidi S., El Abidi A. and Yahyaoui A. 2013. Typology of water quality in the loukkos river estuary (morocco). Larhyss Journal, n°12, pp.7-24.
- Ganoulis, J. G. 1991. Nitrate contamination of surface and ground water in Greece. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece. NATO ASI series : Series G : Ecological sciences, 30, pp. 55-64.
- Guiral D., Kouassi A. M., Arfi R 1993. Estimation des niveaux de pollution organique et bactérienne des eaux à proximité des berges de la ville d'Abidjan (Lagune Ebrié- Côte d'Ivoire). J. Ivoir. Océanol. Limnol., 2(1), 1-18.
- Inza B., Soro B. M., Etchian O. A., Trokoureya B. Y. 2009. Caractérisation physico-chimique des eaux et des sédiments de surface de la baie des milliardaires, lagune Ebrié, cote d'ivoire. Rev. ivoir. Sci. technol. 139 – 154.
- Keumean N. K. 201). Hydrogéochimie des métaux lourds et fonctionnement d'un grau dans le golfe de guinée : cas de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam (sud-est de la côte d'ivoire). Thèse de doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, 201p.
- Kouassi A. M., Tidou A. S., Kamenan A. 2005. Caractéristiques hydrochimiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Partie I : Variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques. AGRON. AFR., 17 (2), 73-162.
- 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
- 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, 18019219-1, 48p.

- OMS. 2004. Guidelines for drinking water quality, volume1, recommendations. First addendum to 3 rd edn. World Health Organization (WHO), Genève, Suisse; p.595.
- Yao K. M. 2009. Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié dans la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, 182p.
- Romaña, L. A. 1994. Les grands estuaires français. Equinoxe. Spécial environnement littoral n°47-48, 38-42
- 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, Brie Plateau, France. Hydrobiologia, 410, 251-261

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

Aka Ané Maurice

Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières

Université Félix Houphouët-Boigny

BP. 582 Abidjan 22

Côte d'Ivoire

Email: aanemauriceak@yahoo.fr