

Distribution des composés azotes et phosphores dans la lagune Ouladine (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

Keiba Noël KEUMEAN^{1*}, Barthélémy Siaka BAMBA², Nagnin SORO¹ et Métongo SORO²

¹*UFR STRM, Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

²*Centre de Recherches Océanologiques, BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : douman2007@yahoo.fr

Résumé

La lagune Ouladine a été étudiée de Juillet à octobre 2008. Quatre (4) campagnes de mesures ont effectuées sur dix stations le long du plan d'eau lagunaire. Les paramètres physico-chimiques ont mesurés à la surface (0,2m). Les sels nutritifs ont été mesurés dans l'eau et les sédiments. La température varie peu, alors que la salinité, la conductivité et le pH dépendent des apports continentaux et océaniques. Les teneurs en sels nutritifs des eaux de la lagune Ouladine caractérisent un environnement eutrophe causé par les apports d'eaux continentales et remise en suspension des sédiments, par des apports anthropiques et la morphologie de la lagune. La distribution de la salinité, conductivité et du pH permet de distinguer deux zones : une zone océanique (avec des eaux peu renouvelées) et une zone continentale (sous influence du Comoé).

Mots-clés : *lagune Ouladine, paramètres physico-chimiques, sels nutritifs, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Distribution of nitrogen compounds and phosphorous in the Ouladine lagoon (South-Eastern Ivory Coast)

The Ouladine lagoon was studied from July till October, 2008. Four (4) measurements campaigns were undertaken in ten stations spreaded along the lagoon. The physical and chemical parameters were measured at the surface (0, 2 m). The nutrients were measured in the water at the sediments. The temperature varies little, while the salinity, conductivity and pH depend on continental and oceanic inputs. And nutrients concentrations show that the milieu is eutrophe; this is mainly due to the continental, oceanic and anthropogenic inputs, to suspended sediments and to the morphology of the lagoon. The distribution of the salinity, conductivity and pH has permitted to distinguish two (2) ecological zones. An oceanic zone with little renewed waters and continental zone under the influence of Comoé.

Keywords : *Ouladine lagoon, physical and chemical parameters, nutrients, Ivory Coast.*

1. Introduction

La lagune Ouladine, à l'instar des autres lagunes du monde, est un foyer favorable à l'implantation de l'homme et apparaît comme une zone de haute productivité biologique. En effet, elle constitue un habitat irremplaçable pour de nombreuses espèces biologiques et un milieu indispensable pour le déroulement des cycles biologiques. Elle est également le siège de multiples activités anthropiques souvent incompatibles et contradictoires. La mise en œuvre de ces activités engendre des conflits écologiques et sociaux particulièrement aiguë dans les pays en développement tel que la Côte d'Ivoire. Il est impérieux de connaître, de préserver et de protéger nos lagunes afin qu'elles continuent de jouer leur rôle prépondérant dans le développement de nos pays.

La lagune Ouladine située sur la rive Sud du système lagunaire Ebrié, a un plan d'eau qui s'étire, d'Est en Ouest, sur une longueur de 10 km avec une profondeur moyenne de 1,9 m [1]. Elle couvre une superficie de 4,35 km² [2]. Elle communique avec l'océan par le grau de Bassam qui reste pratiquement fermé depuis 2001 [3]; contrairement à la lagune Ebrié qui communique de façon permanente avec la mer par le canal de Vidri [4,5]. Comparativement aux autres lagunes ivoiriennes, la lagune Ouladine est peu connue et peu étudiée surtout en ce qui concerne sa qualité et son fonctionnement écologique.

La présente étude vise à étudier les variations spatio-temporelles de quelques paramètres physico-chimiques et la distribution des composés minéraux dissous de l'azote (NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+) et du phosphore (PO_4^{3-}) dans les eaux ainsi que dans les sédiments en relation avec les phénomènes climatiques. Ces données pourront servir de base pour une meilleure compréhension des phénomènes écologiques et biologiques et pour une gestion durable de cet écosystème sensible.

2. Matériel et méthodes

Les campagnes de mesures et d'échantillonnage ont été réalisées dans dix (10) stations réparties sur tout le plan d'eau lagunaire (*Figure 1*). Ces campagnes se sont déroulées sur quatre mois (de juillet à octobre 2008) pendant la première quinzaine de chaque mois et une fois dans le mois. A chaque station, les échantillons d'eau ont été prélevés à une vingtaine de centimètre (20 cm) à l'aide d'une bouteille de Niskin. Par contre, les échantillons de sédiments ont été prélevés à ces mêmes stations à l'aide d'une benne. Les échantillons ont été ensuite conservés à basse température ($T^\circ \leq 4^\circ\text{C}$) et à l'obscurité (glacière) pour une analyse ultérieure au laboratoire.

La température, la salinité et la conductivité ont été mesurées *in situ* à l'aide d'une sonde connecté à un multi paramètre 315i/SET. Les valeurs du pH ont été déterminées à l'aide du pH-mètre 340i/SET. Le dosage des nitrates, nitrites, ammonium et les ortho-phosphates a été réalisé selon la méthode spectrophotométrie d'absorption à UV/visible [6].

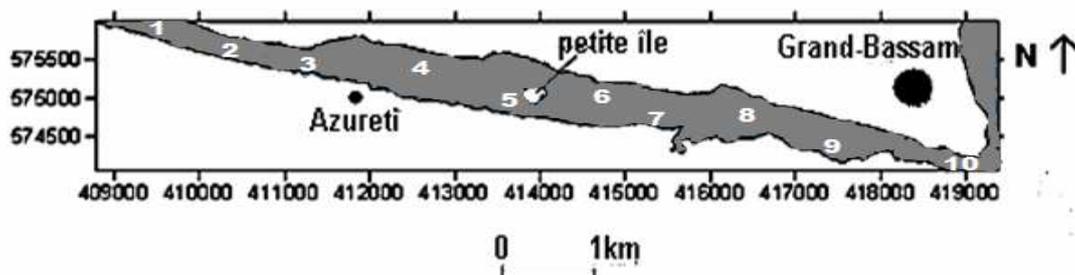


Figure 1 : Station de mesures et d'échantillonnage dans la lagune Ouladine

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres physico-chimiques

3-1-1. Température

Les valeurs de la température des eaux de la lagune Ouladine varient entre 28°C et 29°C. La valeur maximale (30,5°C) a été observée en octobre pendant la saison des crues et la valeur minimale (27°C) en août pendant la petite saison sèche en raison de l'upwelling côtier. Les coefficients de variations (cv) sont très faibles ($cv \leq 5\%$), traduisant une absence de variation thermique importante au sein de la lagune Ouladine (**Tableau 1**).

Les stations étudiées présentent une courbe de variation de la température en dent de scie (**Figure 2**). La variabilité spatiale est comprise entre 1°C et 3°C. Les écarts les plus importants s'observent en août en raison de l'upwelling côtier et les moins importantes en période de pluie. Cette relative stabilité spatiale thermique, caractéristique des eaux estuariennes des régions tropicales, pourrait s'expliquer par les faibles profondeurs (1,9m en moyenne) et le fort hydrodynamisme du système lagunaire, traduisant ainsi une homogénéité des eaux [2,5,7]. Ces résultats sont comparables avec ceux obtenus par *Texier et al.*, [8] dans le lac Nokoué au Bénin et par *Durand et Chantraine* [9] et *Kouassi et al.* [10] en lagune Ebrié où l'écart spatial de température ne dépasse pas 3°C dans les zones non soumises à l'influence des marées.

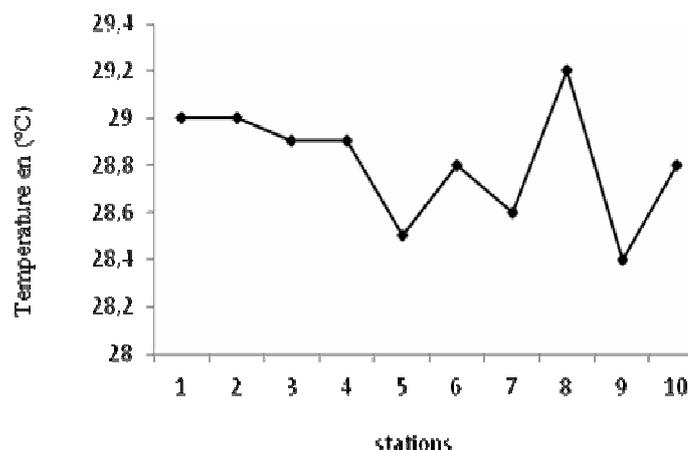


Figure 2 : Évolution moyenne de la Température de l'eau de surface aux différentes stations

3-1-2. Salinité et conductivité

Les valeurs de la salinité des eaux de la lagune Ouladine sont comprises entre 3 ‰ et 9 ‰. Les stations à proximité de l'embouchure (stations 9 et 10), présentent les valeurs les plus faibles et celles éloignées (stations 1 à 8) enregistrent les teneurs les plus élevées (**Figure 3**). Les coefficients de variations (cv) sont dans l'ensemble très élevés. Les stations (1 à 7) ont des valeurs inférieures à 50 % et ceux des stations 8 à 10 sont supérieurs à 50 % (**Tableau 1**).

La distribution spatiale de la salinité permet de subdiviser la lagune Ouladine en deux zones qui dépendent du degré d'influence du fleuve Comoé exacerbé par la fermeture quasi permanente du grau de Bassam [11]. La première zone (stations 8 à 10), relativement moins salée (1,2 ‰ à 8 ‰ de salinité), peut être qualifiée

de «zone continentale»). Les eaux peuvent être pratiquement douces sous l'influence du fleuve Comoé. Par contre, la seconde zone (stations 1 à 7), plus salée avec des valeurs comprises entre 3‰ et 11‰, peut être qualifiée de « zone océanique ». Cette zone est moins renouvelée et reçoit très peu d'apports fluviaux. Les eaux demeurent toujours saumâtres.

L'influence du fleuve Comoé est importante en période de crue (octobre) où les valeurs de salinité sont les plus faibles sur l'ensemble de la lagune. Nos résultats confirment ceux de *Taster* [11] qui a observé une chute de la salinité après la crue du fleuve Comoé. La salinité des eaux de la lagune Ouladine reflète donc directement le contexte climatique dont l'influence se fait sentir aussi bien par le régime des apports que par leur importance. Elle est par ailleurs modifiée par la morphologie et sa faible profondeur. Il n'existe pas de gradients verticaux de la salinité du fait des faibles profondeurs observées en lagune Ouladine, tout comme l'ont souligné *Pagès et al.* [7] en lagune Ebrié dans la zone ouest de Dabou.

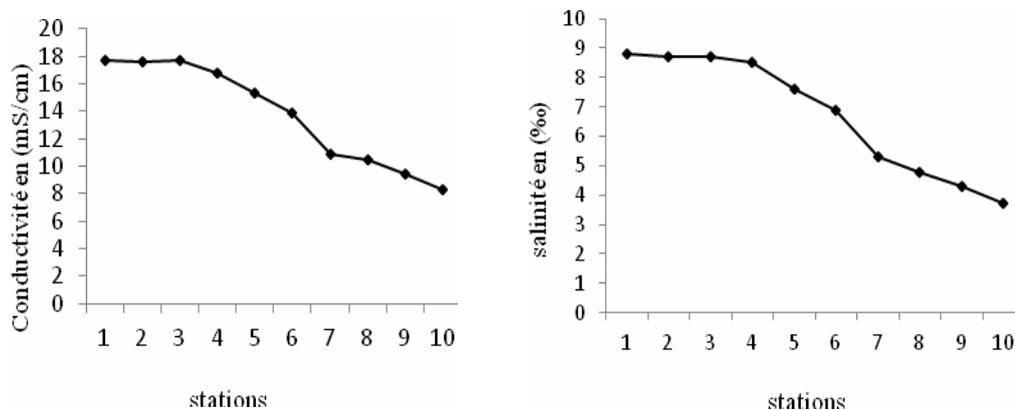


Figure 3 : Évolution moyenne de la Conductivité et Salinité de l'eau de surface aux différentes stations

3-1-3. pH

Les valeurs du pH des eaux de la lagune Ouladine sont comprises entre 7,65 et 8,15. Les valeurs de pH sont restées au dessus de 7 sur toute la période de l'étude et à toutes les stations de mesure, traduisant ainsi le caractère basique des eaux (*Figure 4*). Les valeurs de pH les plus élevées s'observent pendant le mois d'août et celles les plus faibles, en période de pluies et de crue. Les coefficients de variation sont en général très faibles ($2 \leq cv \leq 6$) (*Tableau 1*). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'en septembre correspondant au début de la crue du fleuve Comoé et de la petite saison des pluies, les eaux terrigènes soudanaises plus acides, combinées aux premières pluies, pénètrent en lagune abaissant ainsi les pH.

L'ensemble des résultats montre que les variations spatiales et temporelles du pH suivent celles de la salinité et de la conductivité, dépendant de l'importance relative des apports continentaux et océaniques. D'une manière générale, les variations spatiales et saisonnières du pH des eaux de la lagune Ouladine sont moins marquées que celles des eaux de la lagune Ebrié qui en plus des apports océaniques et fluviaux, sont soumises aux forts rejets domestiques et industriels [5,7,10,12,13].

Tableau 1 : Moyenne (m), écart-type (s) et coefficient de variation (cv) des paramètres physico-chimiques dans les eaux de la lagune Ouladine.

	Paramètres	Température (°C)	Salinité (‰)	pH	Conductivité (mS.cm ⁻¹)
Station 1	m	29,0	8,8	8,0	17,7
	s	0,9	1,0	0,3	1,5
	cv	3,8	13,1	5,0	9,9
Station 2	m	29,0	8,7	8,1	17,6
	s	1,0	1,0	0,2	1,5
	cv	4,0	13,8	3,6	10,0
Station 3	m	28,9	8,7	7,9	17,7
	s	0,7	1,01	0,2	1,7
	cv	3,2	13,5	3,4	11,2
Station 4	m	28,9	8,5	7,8	16,8
	s	0,7	1,3	0,2	2,0
	cv	3,0	18,0	3,5	13,7
Station 5	m	28,5	7,6	7,8	15,3
	s	0,8	1,7	0,3	2,8
	cv	3,6	26,2	4,8	21,5
Station 6	m	28,8	6,9	7,8	13,9
	s	0,8	1,8	0,4	2,1
	cv	3,3	31,1	6,5	25,9
Station 7	m	28,2	5,3	7,7	10,9
	s	0,7	2,0	0,1	3,3
	cv	3,2	43,3	2,7	35,0
Station 8	m	29,2	4,8	7,6	10,5
	s	1,1	2,3	0,4	4,1
	cv	4,4	54,8	6,0	45,0
Station 9	m	28,4	4,3	7,6	9,4
	s	0,8	1,9	0,4	3,5
	cv	3,3	51,6	6,5	43,2
Station 10	m	28,8	3,7	7,4	8,3
	s	0,8	1,9	0,2	3,7
	cv	3,5	60,7	4,4	52,1

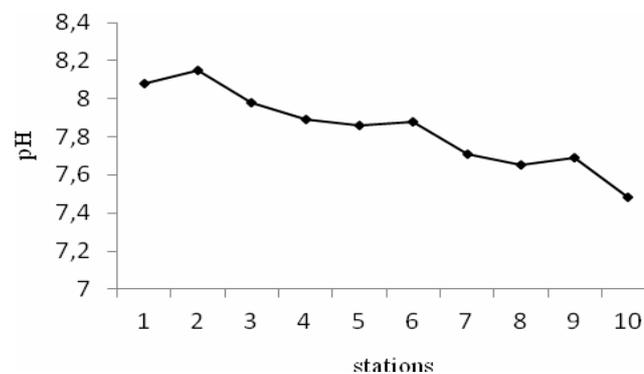


Figure 4 : Évolution moyenne du pH de l'eau de surface aux différentes stations

3-2. Sels nutritifs

Les teneurs en éléments nutritifs (PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+) sont présentés dans le *tableau 2*. Les valeurs en PO_4^{3-} dans les eaux et dans les sédiments varient respectivement entre $196,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $460 \mu\text{g.L}^{-1}$ et entre $1119,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $3125,25 \mu\text{g.L}^{-1}$, alors celles en NO_3^- varient entre $22,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $67,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans les eaux et entre $294,97 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $1246,25 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans les sédiments. Les valeurs en NO_2^- , par contre, sont comprises entre $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $184,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans la colonne d'eau et entre $71,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $378 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans les sédiments. En ce qui concerne les valeurs en NH_4^+ , les teneurs varient entre $37,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $110 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans la colonne d'eau et entre $22,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $1057,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans les sédiments. Les coefficients de variation (cv) des éléments nutritifs étudiés sont d'une manière générale très élevés montrant ainsi la très forte variabilité des valeurs. Cela pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité des masses d'eau de la lagune (*Tableau 2*).

Les *Figures 5a, 5b, 5c et 5d* présentent respectivement la variation à chaque station des concentrations en PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+ dans les eaux et dans les sédiments. En période de crue et de pluies les eaux sont plus chargées en éléments nutritifs qu'en période d'étiages (saison d'upwelling). En saison de crue du fleuve Comoé, les teneurs en PO_4^{3-} des eaux sont élevées et peuvent s'expliquer par « l'effet de chasse ».

Selon *Dufour et Lemasson* [14], *Pagès et al.*, [7], les concentrations des eaux de surface en nutriments varient régulièrement sous l'influence des milieux frontières. Les saisons de pluies et de crue, à l'origine des apports anthropiques en sels nutritifs et le relargage des sédiments liés au fait que cette lagune est peu profonde (3 m en moyenne), sont intercalées par les deux saisons d'étiage. En effet, le bassin versant de cette lagune se trouve dans la zone agricole avec des plantations industrielles. Les résidus d'engrais épandus généralement entre mars et avril sont entraînés par les précipitations qui « lessivent » [15] puis drainés par les eaux de ruissellement jusqu'aux lits des affluents tels que le fleuve Comoé. La circulation de ces eaux en saison des pluies et le renouvellement des eaux entraînent une remontée des sédiments qui viennent également enrichir la colonne d'eau. A cela s'ajoute le fait que les populations riveraines et les animaux défèquent directement ou indirectement dans les eaux.

Selon *Marchand et Martin* [16], les éléments chimiques sont absorbés par les matières en suspension et ont tendance à s'accumuler dans les sédiments. Ainsi les sédiments gardent en mémoire les pollutions ponctuelles passées. Ceci pourrait expliquer les teneurs élevées de sels nutritifs observées dans les sédiments.

Nos résultats sont conformes à ceux de *Dufour* [5] et de *Kouassi et al.*, [10] obtenus en lagune Ebrié. Ces auteurs ont observé des valeurs en sels nutritifs relativement élevés en saison de crue et faibles en saison sèche. Cependant, le niveau de pollution est relativement faible comparativement à celui indiqué par ces auteurs. En effet, la lagune Ouladine est moins soumise aux rejets domestiques et industriels que la lagune Ebrié. Les valeurs moyennes en éléments nutritifs observées sur toute la lagune Ouladine montrent que les eaux de cette lagune, comme celles de la plupart des lagunes tropicales, sont eutrophes.

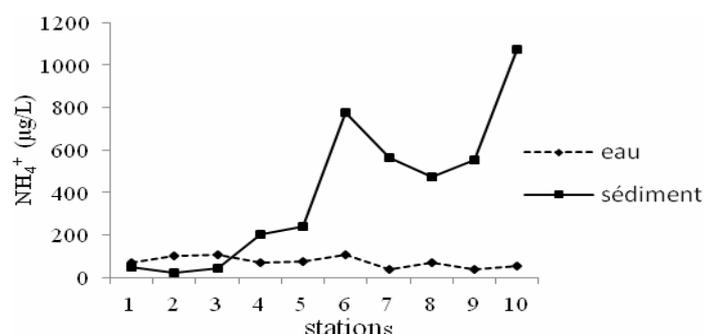


Figure 5 a : Évolution moyenne de la teneur du NH_4^+ dans les eaux et sédiments de la lagune Ouladine

Tableau 2 : Moyennes, écart-types et coefficients de variations de la teneur en sels nutritifs des eaux et sédiments de la lagune Ouladine

	Paramètres	NO ₃ ⁻ (µg.L ⁻¹)		NO ₂ ⁻ (µg.L ⁻¹)		NH ₄ ⁺ (µg.L ⁻¹)		PO ₄ ³⁻ (µg.L ⁻¹)	
		eau	sédiment	eau	sédiment	eau	sédiment	eau	sédiment
Station 1	m	45	294,9	3,0	80,5	69,0	52,5	262,7	838
	s	5	45,8	1,8	24,8	56,1	8,2	199,0	147,4
	cv	12,8	17,7	72,0	35,7	83,9	18,2	87,5	20,3
Station 2	m	40,0	336,2	8,0	71,5	102,5	22,5	196,7	1119,7
	s	21,2	54,9	1,0	35,7	69,7	10,8	82,9	287,3
	cv	61,2	18,9	14,4	57,8	78,6	55,9	48,7	29,6
Station 3	m	47,5	470,5	4,7	119,2	107,5	42,5	422,7	1904,5
	s	27,7	126,8	3,5	67,5	66,4	22,7	322,5	376,8
	cv	67,4	31,1	86,6	65,4	71,4	61,9	88,1	22,8
Station 4	m	22,5	373,7	11,7	159,5	72,5	202,5	329	2310,5
	s	8,2	131,4	3,9	114,2	46,0	134,2	169,7	789,8
	cv	42,6	40,6	38,9	82,7	73,3	76,5	59,6	39,5
Station 5	m	42,5	804,5	9,0	363,2	77,5	240,0	296,7	2091,5
	s	24,8	324,6	5,1	200,9	43,2	186,6	176,3	1018,3
	cv	67,6	46,6	65,4	63,8	64,4	89,8	68,6	56,2
Station 6	m	45,0	714,5	3,7	370,0	110	775,0	289,5	2396,2
	s	30,4	507,9	1,9	242,1	74,4	555,7	121,1	1614,1
	cv	78,0	82,1	59,1	74,0	78,2	82,8	48,3	77,8
Station 7	m	47,5	1246,2	8,2	244,2	37,5	565	423	3125,2
	s	24,8	184,5	3,6	96,2	16,3	261,3	183,8	2090,0
	cv	60,5	17,1	50,8	39,4	50,5	53,4	50,2	77,2
Station 8	m	67,5	426,0	7,0	245,2	70,0	472,5	327,7	2749,7
	s	46,0	219,7	1,4	83,3	33,9	281,5	141,8	1940,5
	cv	78,7	59,6	23,3	51,2	55,9	68,8	50	81,5
Station 9	m	27,5	601,2	7,5	232,7	40,0	552,5	460	2038,2
	s	8,2	435,9	1,5	108,7	7,07	283,4	170,6	622,0
	cv	34,8	83,7	23,1	55,7	20,4	59,2	42,8	35,2
Station 10	m	57,5	869,0	184,7	338,2	55,0	1075,5	406,2	2991
	s	32,6	307,1	137,3	112,2	32,7	255,4	125,6	971,3
	cv	65,7	40,8	85,8	21,7	68,8	27,9	35,7	37,5

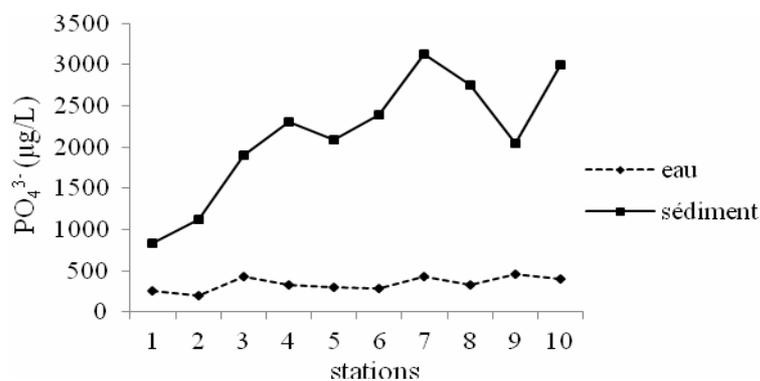


Figure 5 b : Évolution moyenne de la teneur du PO₄³⁻ dans les eaux et sédiments de la lagune Ouladine

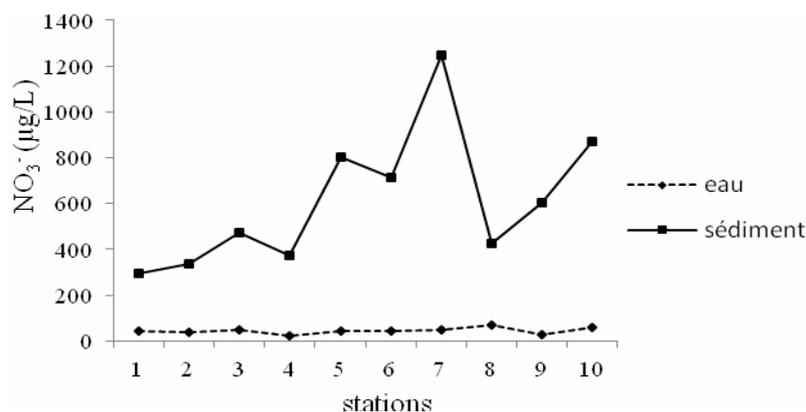


Figure 5 c : Évolution moyenne de la teneur du NO_3^- dans les eaux et sédiments de la lagune Ouladine

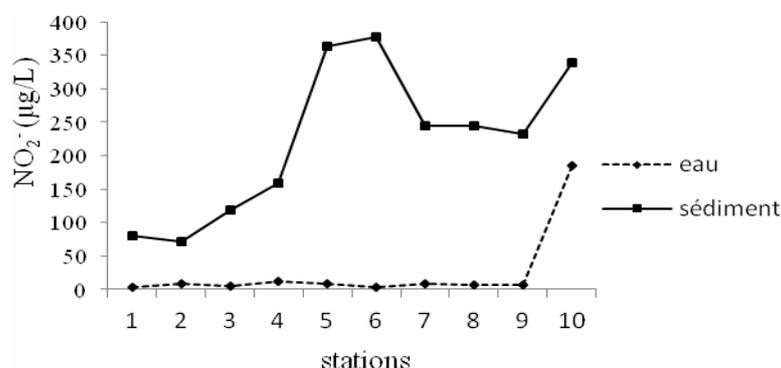


Figure 5 d : Évolution moyenne de la teneur du NO_2^- dans les eaux et sédiments de la lagune Ouladine

5. Conclusion

La lagune Ouladine fait partie du système lagunaire Ebrié. Le développement du tourisme avec à sa suite la construction des édifices d'accueils sur son plan d'eau a occasionné une forte pression anthropique sur la lagune. Elle est caractérisée par de très importants apports continentaux liés d'une part, au régime climatique de type tropical de transition à une saison de crue (septembre-octobre) dit régime soudanais et, d'autre part, au régime de type équatorial de transition à deux saisons de crue concentrées sur juin et septembre-octobre (régime guinéen). Cette lagune est également caractérisée par une dynamique littorale active, dominée par l'influence des saisons d'upwellings côtiers et par une grande variabilité spatiale et saisonnière des paramètres hydro-climatiques et physico-chimiques.

Les teneurs en sels nutritifs des eaux de la lagune Ouladine caractérisent un environnement eutrophe du fait des apports d'eaux continentales importantes, de la remise en suspension des sédiments et des apports anthropiques d'effluents domestiques et agricoles. L'analyse des paramètres physico-chimiques a permis de distinguer deux zones lagunaires écologiquement distinctes que sont, d'une part, la « zone continentale » plus ouverte comprenant les stations 10 ; 9 et 8 et sous influence du fleuve Comoé en saison de crue et d'autre part, la zone « zone océanique » fermée, comprenant les stations (1 à 7), constamment salée et dont les eaux sont moins renouvelées.

Références

- [1] - Y. F. COULIBALY. Étude morphologique d'un environnement littoral peu profond : la lagune Ouladine (Grand-Bassam). Mém. DEA-STRM, Univ. Cocody, (2008) 52p.
- [2] - F. VARLET. Le régime de la lagune Ebrié, (Côte d'Ivoire). Paris. Trav. Doc. ORSTOM 83, (1978) 231p.
- [3] - C. HAUHOUOT. Les problèmes de l'aménagement de l'estuaire du fleuve Comoé à Grand-Bassam. Les Cahiers d'Outre Mer (2002) n°219.
- [4] - P. DUFOUR. Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidences sur l'hydroclimat. *Hydrobiologia* 9 (1982) 105-120.
- [5] - P. DUFOUR. Production primaire d'une lagune tropicale (Ebrié, Côte d'Ivoire). Facteurs naturels et anthropiques. Thèse Uni. Pierre et Marie Curie, Paris (1984) 164p
- [6] - AFNOR. Qualité de l'eau, Environnement, Recueil des normes françaises. 1^{ère} éd. Paris (1994) 862p.
- [7] - J. PAGES, L. LEMASSON et P. DUFOUR. Élément nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. *Doc. Sci. Cro.* Abidjan, 3 (1979) 1-30.
- [8] - H. TEXIER, C. DOSSOU et B. COLLEUIL. Le lac Nokoué, étude de l'environnement lagunaire du domaine margino-littoral sud- Béninois : bathymétrie. *Bull. Inst. Géol. Bass. Aquit.*, Bordeaux, n°28 (1980) 115-142.
- [9] - J. R. DURAND et J. M. CHANTRAINE. L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes, *Rev. Hydrobiol. Trop.* 15 (1982) 85-113.
- [10] - A. M. KOUASSI, A. S. TIDOU et A. KAMENAN. Caractéristiques hydrochimiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Agron. Afri.* ISSN n°1015-2288, XVII (2) (2005) 73-162.
- [11] - J. P. TASTET. Environnement sédimentaire et structuraux quaternaires du littoral du golf de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse de doctorat, Univ. de Bordeaux I, n°621 (1979) 181p.
- [12] - R. ARFI, D. GUIRAL et J-P. TORRETON. Cycle hydrologique annuel d'une baie lagunaire eutrophe : la baie de Biétrie (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire), *Rev. Hydrobiol. Trop.* 22 (1989) 263-273.
- [13] - A. M. KOUASSI, D. GUIRAL et M. DOSSO. Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 23(3) (1990) 181-194.
- [14] - P. DUFOUR et L. LEMASSON. Le régime nutritif de la lagune tropicale Ebrié (Côte d'Ivoire). *Océanogr. Trop.* 20 (1) (1985) 41-69.
- [15] - J. M. DORIOZ, P. QUETIN, J. A. LAZAROTTE, J. P. BOSSE et J. P. MORIELLE. Bilan du phosphore dans un bassin versant du lac Léman : Conséquences pour la détermination de l'origine des flux exportés. *Rev. Sci. Eau.* 17 (3) (2004) 329-354.
- [16] - M. MARCHAND et J. L. MARTIN. Détermination de la pollution chimique dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanogr. Trop.* 20 (1985) 25-39.