



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 17(2): 720-734, February 2023

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal
of Biological and
Chemical Sciences

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet des saisons sur la variation du niveau de pollution organique des eaux de la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire

Jean-Gael Trazie Bi IRIE*, Marie-Laure Aney KANDO, Clarisse Akoua KRA et Sougo Aoua COULIBALY

Département de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, UFR STRM, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

**Auteur correspondant ; E-mail : iiriebi5@yahoo.fr ; Tél. : (+225) 0709630069.*

Received: 16-08-2022

Accepted: 11-02-2023

Published: 28 -02-2023

RESUME

La lagune Ebrié, plan d'eau vitale pour l'économie de la Côte d'Ivoire, subit des pressions naturelles et anthropiques qui ont des conséquences néfastes sur sa faune aquatique. En effet, elles rejettent dans ce hydrosystème d'importantes quantités de polluants organiques, entraînant son eutrophisation. Une meilleure connaissance de la distribution de ces polluants dans la lagune Ebrié pourrait conduire à sa préservation durable. Cette étude s'est donnée pour objectif de déterminer l'impact de la variation des saisons sur la répartition des polluants organiques dans les eaux de la lagune Ebrié. Deux campagnes, menées en saison sèche et en saison pluvieuse, ont permis de mesurer les valeurs de la conductivité, du TDS et du potentiel d'oxydoréduction avec un appareil multi-paramètre de type YSI V2 et de prélever des échantillons d'eau. Ces échantillons ont été traités selon les protocoles appropriés pour obtenir les teneurs de l'orthophosphate, du nitrite, de l'ammonium, des matières en suspension et de la DBO₅. Les teneurs des sels nutritifs et de la demande biochimique en oxygène ont permis la détermination du niveau de pollution organique des eaux lagunaires, grâce à l'indice de pollution organique (IPO). Les fortes valeurs de conductivité et du TDS s'observent en face du canal de Vridi et dans les baies du Banco et de Biétry. Les eaux ont un potentiel d'oxydoréduction et une teneur en matières en suspension plus important en période pluvieuse. Les baies enregistrent les teneurs les plus élevées pour la demande biochimique en oxygène et les contaminants azotés et phosphorés. Les valeurs de l'IPO fluctuent de 1,25 à 3,5 en saison pluvieuse et entre 1,5 et 3,5 en saison sèche. L'intensité de la pollution organique des eaux, en saison sèche et saison pluvieuse, varie de modérée à très fortement polluée. Les milieux qui présentent des intensités de pollution fortes ou très fortes pendant les deux saisons sont les baies de Marcory, Cocody, Koumassi, Adiopodomé, Yopougon et de Biétry. La variation des saisons entraîne une distribution hétérogène des polluants organiques dans les eaux de la lagune Ebrié.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mot clés : préservation, polluants, IPO, eaux lagunaires, Côte d'Ivoire.

Effect of the seasons on the variation in the level of organic pollution of the waters of the Ebrié lagoon in Côte d'Ivoire

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.35>

9204-IJBCS

ABSTRACT

The Ebrié lagoon, a body of water vital to the economy of Côte d'Ivoire, is subject to natural and anthropogenic pressures which have harmful consequences on its aquatic fauna. Indeed, they reject in this hydrosystem large quantities of organic pollutants, causing its eutrophication. A better knowledge of the distribution of these pollutants in the Ebrié lagoon could lead to its sustainable preservation. This study set itself the objective of determining the impact of the variation of the seasons on the distribution of organic pollutants in the waters of the Ebrié lagoon. Two campaigns, carried out in the dry season and in the rainy season, made it possible to measure the values of conductivity, TDS and oxidation-reduction potential with a multi-parameter device of the YSI V2 type and to take water samples. These samples were processed according to the appropriate protocols to obtain the contents of orthophosphate, nitrite, ammonium, suspended solids and BOD₅. The levels of nutrient salts and biochemical oxygen demand made it possible to determine the level of organic pollution of lagoon waters, thanks to the organic pollution index (IPO). The high conductivity and TDS values are observed opposite the Vridi channel and in Banco and Biétry bays. The waters have a redox potential and a higher content of suspended solids during the rainy season. Berries record the highest levels for biochemical oxygen demand and nitrogen and phosphorus contaminants. The IPO values fluctuate from 1.25 to 3.5 in the rainy season and between 1.5 and 3.5 in the dry season. The intensity of organic water pollution, in the dry and rainy seasons, varies from moderate to very heavily polluted. The environments with high or very high pollution intensities during both seasons are the bays of Marcory, Cocody, Koumassi, Adiopodomé, Yopougon and Biétry. The variation of the seasons leads to a heterogeneous distribution of organic pollutants in the waters of the Ebrié lagoon.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Preservation, pollutants, IPO, lagoon waters, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La lagune Ebrié, comme tous les hydrosystèmes littoraux, subissent les effets des activités humaines telles que le tourisme, l'urbanisation, la pêche, l'agriculture et le développement industriel. Ce plan d'eau, dont les variations des valeurs des paramètres chimiques et physiques dépendent de son régime hydrologique, comprend deux chenaux : le chenal Ouest et le chenal Est. Le chenal Ouest constitue la région lagunaire la plus grande. Ce chenal s'étend de la baie d'Adiopodoumé au canal d'Asagny. Il est moins approvisionné en eau douce et marine. Le chenal Est s'étend de la baie d'Adiopodoumé au fleuve Comoé à Grand-Bassam. Il est étroit, moins étendu, encombré par des îles importantes et plus ouvert aux apports d'eaux continentales et océaniques. Sa rive Nord est occupée par de grandes plantations villageoises et industrielles d'hévéa, de palmiers à huile, de cocotiers et d'ananas. Plus de 20% de la population ivoirienne avec 179 063 habitants pour la ville de Grand-Bassam et 4 707 404 habitants pour

la ville d'Abidjan se retrouvent dans les environs de cette partie de la lagune (Ano et Aboya, 2010 ; INS, 2014). Cette région orientale de la lagune Ebrié constitue la plus importante zone socio-économique de la Côte d'Ivoire grâce à la construction du village des technologies à Grand-Bassam, aux activités touristiques, aux activités industrielles et au port d'Abidjan.

Les activités anthropiques menées aux alentours de la lagune Ebrié et sur son plan d'eau entraînent une forte charge de matières oxydables à l'origine de l'eutrophisation qui a pour conséquence la mort de la faune aquatique (Yao et al., 2009 ; Inza et al., 2009 ; Tuo et al., 2015). La connaissance de la distribution spatiale de ces polluants organiques, en lien avec la variation des saisons, est une information capitale dans la prise de décision en vue de la préservation de ce plan d'eau. Cette étude a donc pour objectif de déterminer l'influence des saisons sur la répartition des polluants organiques dans les eaux de la lagune Ebrié.

MATERIEL ET METHODES

Mesure des paramètres hydrologiques

L'opération de mesure sur le terrain des valeurs du TDS (Total Solide Dissous), du potentiel d'oxydo-réduction et de la conductivité se fait à une profondeur de 0,5 mètre pour les eaux en surface. Les travaux ont permis de visiter une trentaine de stations de mesure pendant chaque campagne (Figure 1). Dans la colonne d'eau, les mesures sont faites tous les 2 mètres. L'écran du multi-paramètre de type YSI V2 permet de lire directement les valeurs des paramètres mesurés et la profondeur d'immersion des sondes.

Prélèvement des échantillons d'eau et analyse des paramètres physiques et chimiques

Les échantillons d'eau ont été recueillis à toutes les stations de mesure à l'aide d'une bouteille Niskin. L'eau est renversée dans des flacons ou bouteilles appropriés pour être envoyée au laboratoire. Les teneurs en matières en suspension ont été déterminées après filtration des échantillons d'eau sur des filtres de porosité 0,45 µm (Yao et al., 2007). Les teneurs des orthophosphates (PO_4^{3-}) et de la demande biochimique en oxygène (DBO_5) ont été obtenues grâce aux méthodes décrites par Rodier (2009). Les teneurs du nitrite (NO_2^-) et de l'ammonium (NH_4^+) ont été déterminées selon les méthodes prescrites par Afnor (2001). Le dosage des sels nutritifs a été fait par spectrophotométrie UV visible. Un oxymètre a été utilisé pour mesurer la BDO_5 .

Analyse statistique

Les données acquises sur le terrain et au laboratoire ont été traitées grâce au logiciel Statistica, avec un seuil de risque d'erreur de

0.05. Le traitement subit a consisté à la détermination de certains paramètres élémentaires (moyenne, minimum, maximum, intervalle de confiance, coefficient de variation, écart-type). Une distribution sera dite homogène, lorsque le coefficient de variation (CV) est plus petit ou égal à 15%. Cela signifie que l'écart-type ne représente que 15% de la valeur de la moyenne. Les données seront considérées comme proches l'une de l'autre. Par contre, si le coefficient de variation est supérieur à 15%, la distribution est hétérogène. L'écart-type est grand par rapport à la moyenne. Les données sont réparties de façon dispersée et très peu se retrouvent autour de la moyenne.

Détermination du niveau de pollution organique

L'Indice de Pollution Organique (IPO) est basé sur la répartition des valeurs des polluants en classes numérotées de 1 à 5. Le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre est déterminé à partir des données d'analyses. La teneur du paramètre obtenue au laboratoire est comparée aux valeurs du Tableau 1 pour connaître le numéro de la classe à laquelle elle appartient. Ces classes évoluent dans le sens décroissant. La somme des numéros de classe est divisée par le nombre de paramètres utilisés pour connaître la valeur de l'IPO selon l'équation suivante (Leclercq, 2001) :

$$IPO = (C1 + C2 + \dots + Cn) / n$$

Avec C : numéro de classe du paramètre

n : nombre de paramètres ($n \leq 4$)

L'intensité de la pollution organique est divisée en cinq classes en fonction des valeurs de l'indice (Tableau 2).

Tableau 1: Classes des paramètres de l'IPO.

Classes	DBO_5 (mg- O_2 /L)	NH_4^+ (mg-N/L)	NO_2^- (µg-N/L)	PO_4^{3-} (µg-P/L)
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2-5	0,1-0,9	6-10	16-75
3	5,2-10	1-2,4	11-50	76-250
2	10,1-15	2,5-6,0	51-150	251-900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

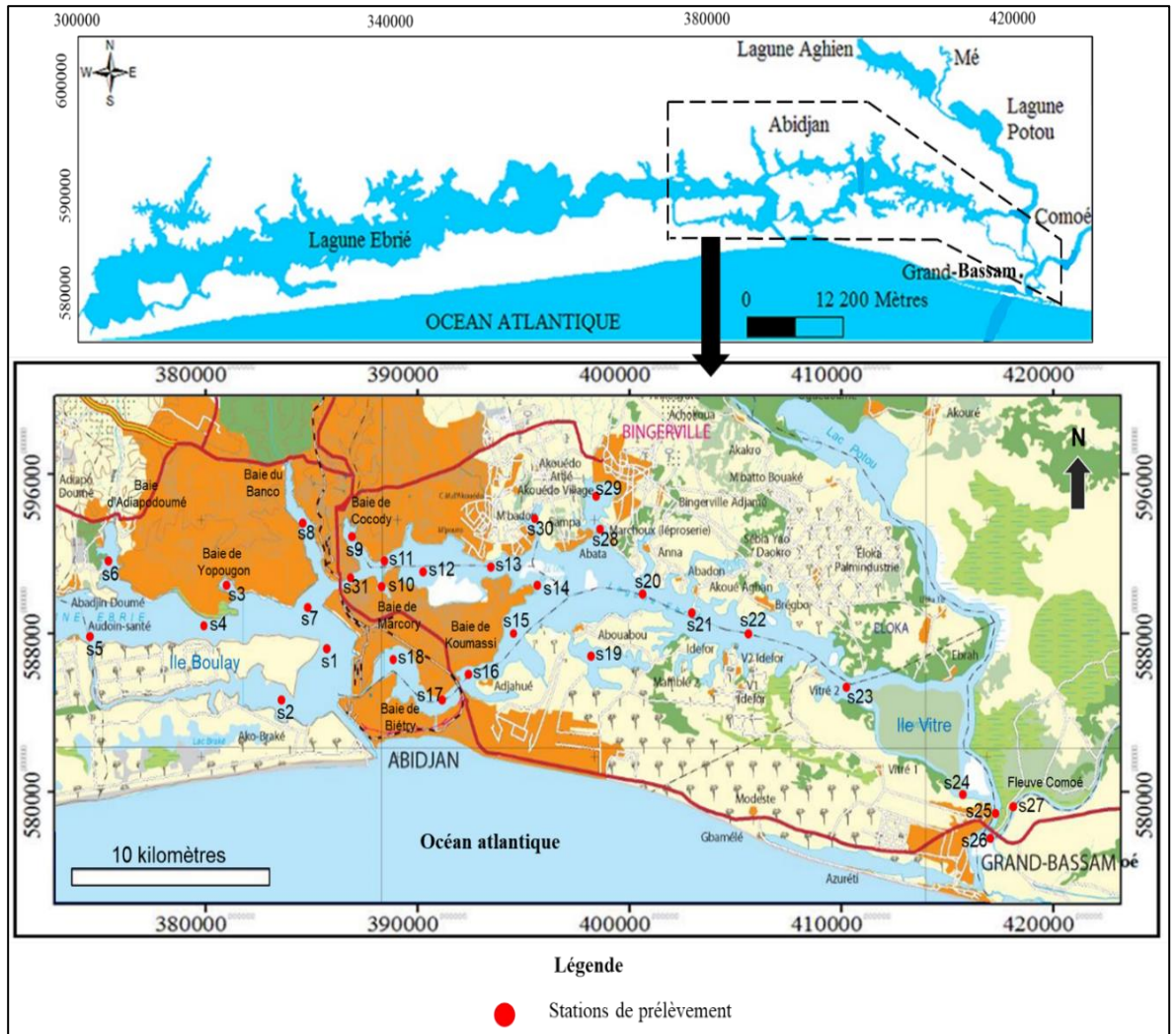


Figure 1: Localisation des stations de prélèvement des échantillons d'eau.

Tableau 2: Variation du niveau de pollution en fonction des valeurs de l'indice.

Valeurs de l'IPO	Intensité de la pollution
5.0 – 4.6	Nulle
4.5 – 4.0	Faible
3.9 – 3.0	Modérée
2.9 – 2.0	Forte
1.9 – 1.0	Très forte

RESULTATS

Variation saisonnière des paramètres hydrologiques

Distribution des valeurs de la conductivité

La valeur maximale de la conductivité en saison pluvieuse (SP) est de 23103 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La plus faible valeur (117 $\mu\text{s}/\text{cm}$) a été enregistrée dans le fleuve Comoé. Les zones impactées par des fortes valeurs de conductivité sont la baie du Banco et l'Est de l'île Boulay. Les valeurs de la conductivité électrique (CE) sont moyennes au niveau de la baie d'Adiopodoumé et faibles au niveau la baie de Koumassi jusqu'au fleuve Comoé à Grand-Bassam. La saison sèche (SS) est marquée par une augmentation générale de la conductivité. Les fortes valeurs s'observent au niveau des baies de Cocody, Marcory, Biétry, Banco et face à l'entrée du canal de Vridi. La conductivité est faible entre la baie de Koumassi et le fleuve Comoé. Elle est moins élevée dans la baie d'Adiopodoumé. Les valeurs évoluent dans l'ensemble entre 3020 et 48650 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La conductivité moyenne est de 8784,16 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en période pluvieuse et de 32655,87 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en période sèche. La conductivité est plus forte en période sèche qu'en période pluvieuse. Le profil vertical des valeurs de conductivité permet d'observer une augmentation des valeurs en allant de la surface vers le fond (Figure 2). Dans les eaux en surface, le coefficient de variation est de 86,29% pour la saison pluvieuse et 42,35% pour la saison sèche (Tableau 3). De façon vertical, le coefficient de variation est fort en saison pluvieuse (63,93%) par rapport à la saison sèche (13,63%).

Evolution des solides totaux dissous (TDS)

La confluence lagune Ebrié-fleuve Comoé enregistre comme valeur minimale du TDS 0,072 g/L, en période pluvieuse. La valeur maximale (14,53 g/L) est obtenue au niveau de l'entrée du canal de Vridi. Les valeurs de TDS sont plus fortes dans les baies de Cocody, Marcory, Banco, Biétry et face à l'entrée du canal de Vridi. Elles sont moyennes dans les baies d'Adiopodoumé. De la baie de Koumassi au fleuve Comoé, les valeurs du TDS sont faibles. La période sèche est caractérisée par de fortes valeurs de TDS dans les baies de

Cocody, Banco, Marcory, Biétry et face à l'entrée du canal de Vridi. Les baies d'Adiopodoumé, Koumassi, M'Badon, Abouabou et Bingerville sont marquées par des valeurs moyennes de TDS. Au-delà de la baie de Bingerville, les valeurs de TDS sont faibles. La variation des valeurs du TDS se fait entre 1,775 et 29,64 g/L. Les valeurs moyennes du TDS en période pluvieuse et sèche sont respectivement 5,58 et 20,26 g/L. Le TDS est élevée en période sèche qu'en période pluvieuse. Le profil vertical des valeurs du TDS montrent un gradient positif. Elles suivent l'évolution verticale des valeurs de la conductivité (Figure 3). Le coefficient de variation est élevé pendant les deux saisons dans les eaux en surface (saison pluvieuse : 84,67% ; saison sèche : 38,70%) et de profondeur (saison pluvieuse : 49,45% ; saison sèche : 16,17%). Les données sont présentées dans le Tableau 3.

Distribution du potentiel d'oxydoréduction (ORP)

Les valeurs du potentiel d'oxydoréduction en période pluvieuse indiquent un coefficient de variation de 19,83%. La baie d'Adiopodoumé enregistre la valeur la plus forte du potentiel (641 mv). La plus faible valeur a été mesurée dans la baie de M'Badon (-31,1 mv). Les valeurs évoluent entre 521,8 et 585 mv en période sèche, avec un coefficient de variation égal à 3,35% (Tableau 3). Les fortes valeurs s'observent au niveau de l'île Boulay et dans les baies de Koumassi, de Bingerville et d'Abouabou. Le potentiel moyen est de 552,38 mv en période sèche et de 585,53 mv en période pluvieuse. Les eaux sont plus oxydantes en période pluvieuse qu'en période sèche. Pendant les deux saisons, les valeurs du potentiel sont plus fortes en profondeur qu'en surface, sauf au niveau de la station S31. Les eaux de cette station, présentent une chemocline ou front redox à 2 m de profondeur en période pluvieuse (Figure 4). Elle se situe en face du palais de la culture de Treichville. L'évolution verticale des données du potentiel montre un coefficient de variation très faible (CV < 5%), pendant les deux saisons (Tableau 3).

Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Variation des teneurs des matières en suspension (MES)

Les teneurs des matières en suspension, en période pluvieuse, oscillent entre 4 et 43 mg/L. Elles sont plus fortes vers l'extrémité Est de la lagune Le coefficient de variation des valeurs est de 58,19%. Pendant la période sèche, les teneurs se situent entre 3 et 39 mg/L, avec un coefficient de variation de 61,47% (Tableau 4). Les fortes teneurs de matières en suspension en période sèche s'observent entre l'île Vitré et le fleuve Comoé. Les teneurs moyennes pendant les saisons pluvieuse et sèche sont respectivement 18,32 mg/L et 15,13 mg/L. La teneur en matières en suspension en saison sèche est faible par rapport à celle de la saison pluvieuse.

Distribution de l'ammonium, du nitrite et des orthophosphates

Distribution de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les teneurs obtenues pendant les deux saisons évoluent de 5 à 82 mg/L. La teneur moyenne en saison sèche qui est de 34,16 mg/L, est inférieure à celle de la période pluvieuse qui est égale 40,23 mg/L. La valeur de la concentration de la DBO₅ dans la baie d'Adiopodoumé, en période sèche, est de 38 mg/L. Cette concentration est plus forte que celle de la saison pluvieuse (16 mg/L). Les teneurs les plus élevées en saison pluvieuse (82 mg/L) et en saison sèche (68 mg/L) ont été enregistrées dans la baie de Bingerville. Le coefficient de variation en saison pluvieuse est de 47,16%. En saison sèche, la valeur de ce paramètre diminue et passe à 43,24% (Tableau 4).

Niveau de pollution organique

La saison pluvieuse est marquée par des indices qui évoluent de 1,25 à 3,5. Ils indiquent une pollution organique modérée à très forte.

La variation saisonnière des valeurs des paramètres est de 0,01 à 2,741 mg/L pour l'ammonium, 0,001 à 0,288 mg/L pour les nitrites et de 0,02 à 6,62 mg/L pour l'orthophosphate. Les teneurs moyennes en ammonium (saison pluvieuse : 0,245 mg/L ; saison sèche : 0,38 mg/L) et en orthophosphate (saison pluvieuse : 1,57 mg/L ; saison sèche : 1,78 mg/L) sont plus fortes en saison sèche. La saison pluvieuse enregistre la plus importante teneur moyenne en nitrite (saison pluvieuse : 0,089 mg/L ; saison sèche : 0,04 mg/L). Les faibles teneurs en ammonium et en nitrite s'observent entre la baie de Bingerville et le fleuve Comoé. Les eaux des baies de Koumassi, M'Badon, de Cocody concentrent dans l'ensemble plus d'ammonium, de nitrite et d'orthophosphate. Les coefficients de variation des teneurs de ces paramètres sont élevés pendant les deux saisons (Tableau 4).

La pollution modérée se rencontre entre la baie de Koumassi et le fleuve Comoé. Les pollutions fortes se trouvent vers le canal de Vridi, autour de l'île Boulay et dans les baies de Marcory, de Cocody, de Koumassi et d'Adiopodoumé. Les baies de Yopougon, Biétry, M'Badon et du Banco sont très fortement polluées par les matières organiques (Figure 5). Les valeurs des indices fluctuent entre 1,5 et 3,5 en période sèche. L'intensité de la pollution organique évolue également de modérée à très forte. La pollution modérée occupe la zone au niveau du canal de Vridi, le Sud de l'île Boulay et entre la baie de Bingerville et le fleuve Comoé. Les zones fortement polluées se localisent dans le fleuve Comoé, dans les baies d'Adiopodoumé, du Banco, de Biétry, de Marcory, au Nord de l'île Boulay et au Sud de la baie de Koumassi (Figure 6). La pollution très forte se rencontre au niveau des baies de Cocody et Yopougon. En période sèche, on a une extension des zones modérément polluées et une réduction des zones fortement et très fortement polluées.

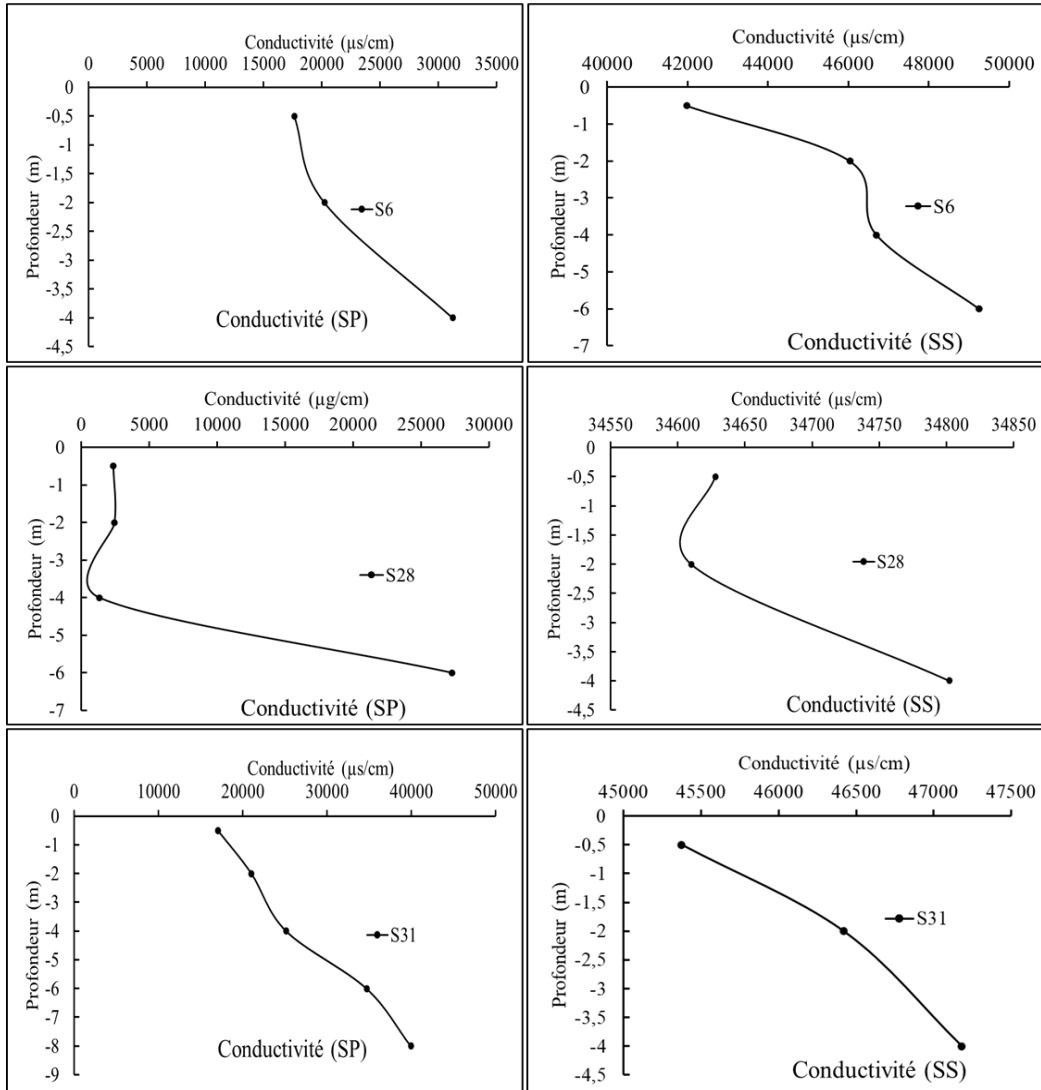


Figure 2: Profil vertical des valeurs de la conductivité.
 SP : Saison Pluvieuse, SS : Saison Sèche.

Tableau 3: Valeurs caractéristiques des paramètres hydrologiques des eaux lagunaires.

		Moyenne	IC (95%)	Min	Max	Ecart-type	CV (%)
CE (Surface)	SP	8784,16	6003,94-11564,38	117	23103	7579,60	86,29
	SS	32655,87	27583,28-37728,46	3020	48650	13829,2	42,35
CE (Profil vertical)	SP	20025,58	11891,08-28160,08	1321	39944	12802,78	63,93
	SS	42699,20	38536,77-46861,63	34610	49257	5818,67	13,63
TDS (Surface)	SP	5,58	3,849-7,32	0,072	14,53	4,728	84,67
	SS	20,26	17,38-23,14	1,775	29,64	7,8	38,70
TDS (Profil vertical)	SP	14,37	9,85-18,88	5,000	26,86	7,10	49,45
	SS	26,42	23,37-29,48	20,47	31,54	4,272	16,17

ORP	SP	585,53	542,94-628,12	-31,1	641	116,11	19,83
(Surface)	SS	552,38	545,6-559,17		521,8	585	3,35
ORP (Profil vertical)	SP	619,54	600,47-638,62		567,80	686,40	30,02
	SS	573,92	565,87-581,97		560,20	597,40	11,26

CE : Conductivité, ORP : Potentiel d'oxydoréduction, IC : Intervalle de Confiance, Min : Minimum, Max : Maximum, CV : Coefficient de Variation, SP : Saison Pluvieuse, SS : Saison Sèche.

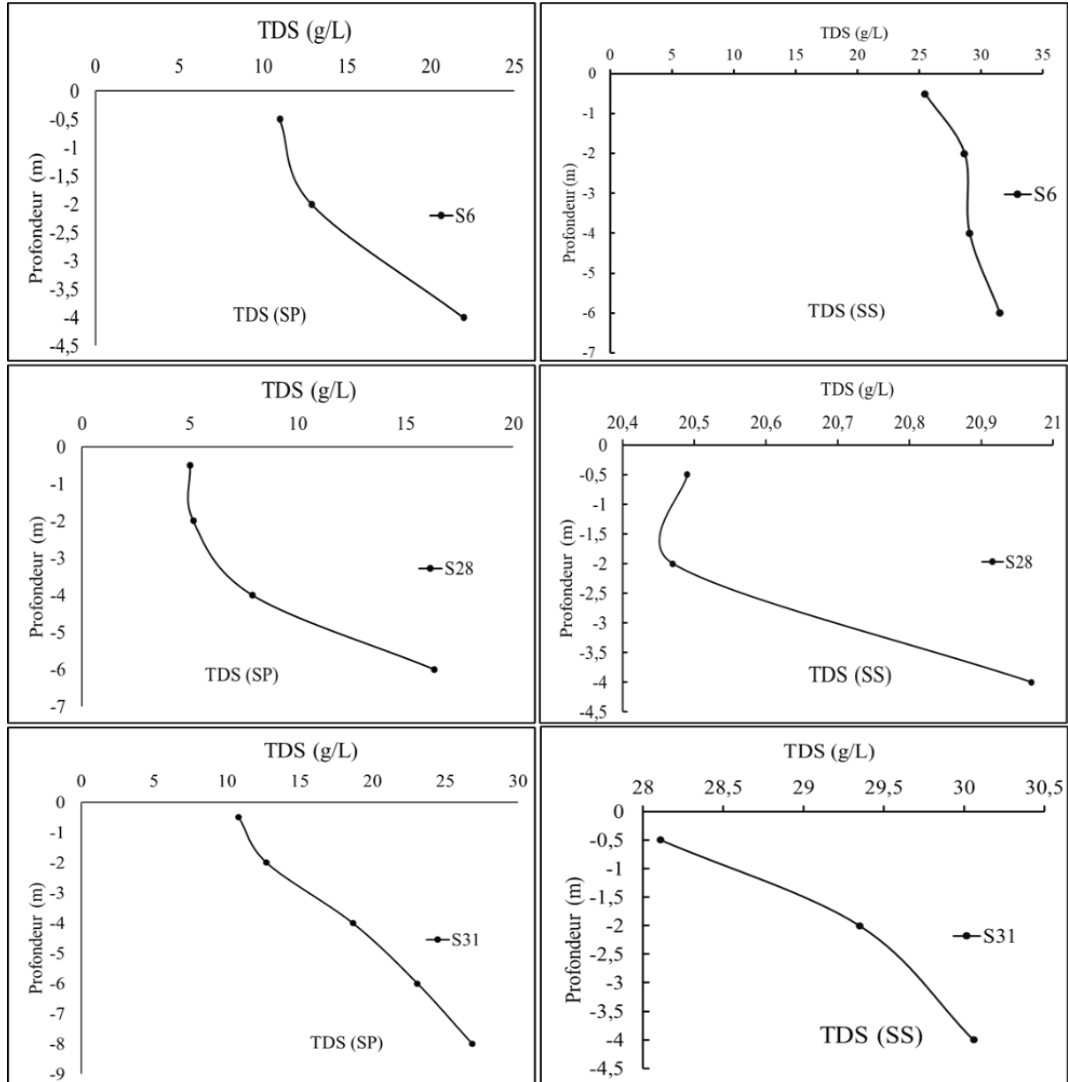


Figure 3: Variation verticale des valeurs du TDS.

SP : Saison Pluvieuse, SS : Saison Sèche.

Tableau 4: Moyenne, intervalle de confiance, Minimum, Maximum, Ecart-type et Coefficient de Variation des paramètres physique et chimique.

		Moyenne	IC (95%)	Min	Max	Ecart-type	CV (%)
MES	SP	18,32	14,41-22,23	4	43	10,66	58,19
	SS	15,13	11,72-18,54	3	39	9,3	61,47
Ammonium	SP	0,245	0,067-0,42	0,01	2,5	0,48	197,55
	SS	0,38	0,13-0,63	0,022	2,74	0,68	178,95
Nitrite	SP	0,089	0,059-0,12	0,001	0,29	0,08	91,01
	SS	0,04	0,02-0,05	0,002	0,13	0,04	100
Phosphate	SP	1,57	0,96-2,17	0,02	5,6	1,65	105,03
	SS	1,78	1,17-2,39	0,41	6,62	1,65	92,69
DBO ₅	SP	40,23	33,27-47,18	5	82	18,97	47,16
	SS	34,16	28,74-39,58	6	68	14,77	43,24

IC : Intervalle de Confiance, Min : Minimum, Max : Maximum, CV : Coefficient de Variation, SP : Saison Pluvieuse, SS : Saison Sèche.

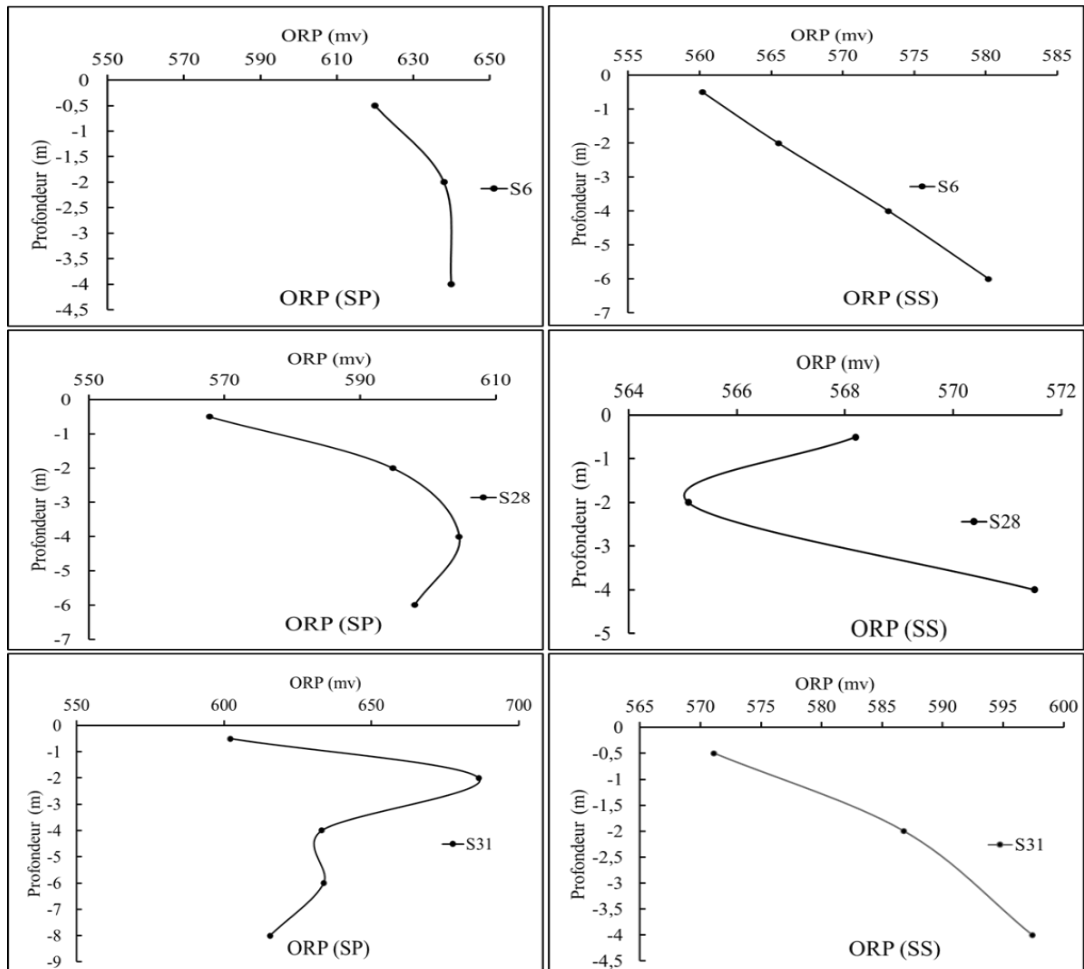


Figure 4: Gradient vertical des valeurs du potentiel d'oxydoréduction.

SP : Saison Pluvieuse, SS : Saison Sèche.

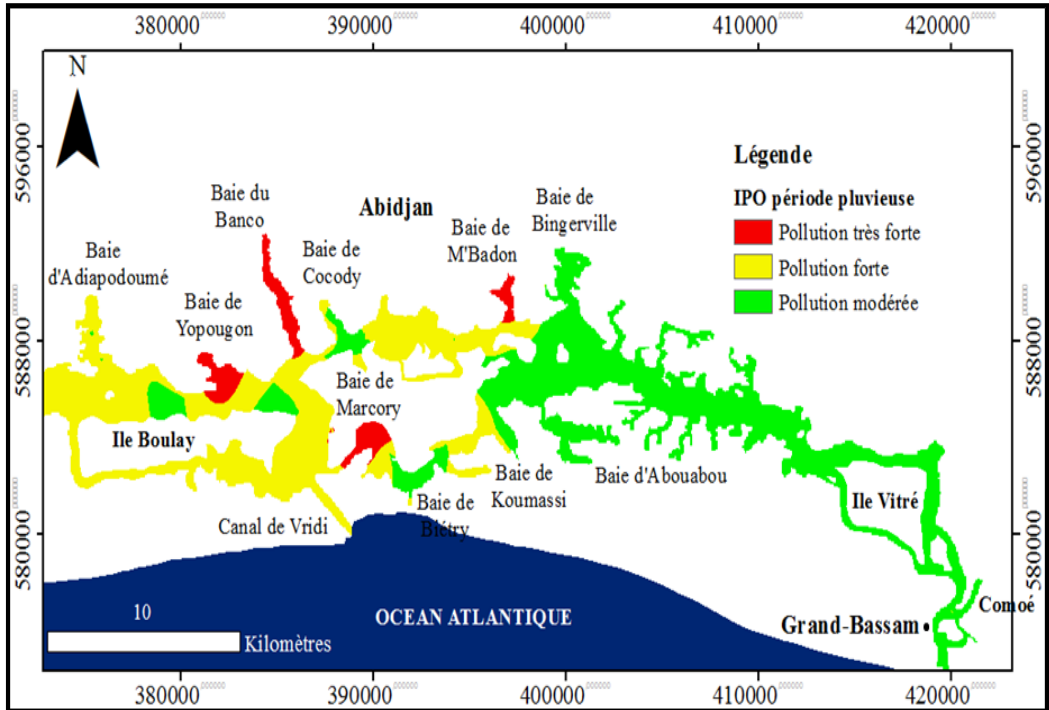


Figure 5: Niveau de pollution organique des eaux de la lagune Ebrié en période pluvieuse.

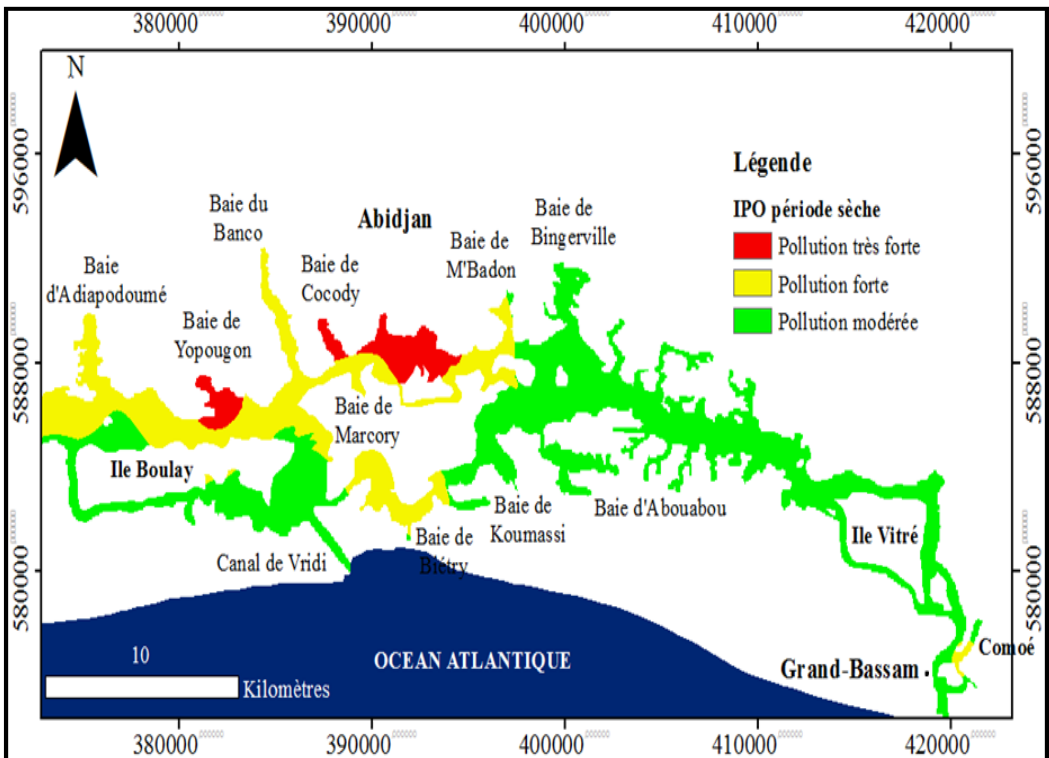


Figure 6 : Niveau de pollution organique des eaux de la lagune Ebrié en saison sèche.

DISCUSSION

Les paramètres concernés par cette discussion sont la conductivité, le TDS, le potentiel d'oxydoréduction et les matières en suspension. Les moyennes en saison pluvieuse et en saison sèche sont respectivement égales à 8784,16 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 32655,87 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la conductivité, 5,58 g/L et 20,26 g/L pour le TDS, 585,53 mv et 552,38 mv pour le potentiel d'oxydoréduction et 18,32 mg/L et 15,13 mg/L pour les matières en suspension. L'analyse des moyennes saisonnières ces paramètres permet d'observer deux tendances. La première concerne la conductivité et le TDS. Ces paramètres ont de fortes valeurs moyennes en période sèche. L'augmentation des valeurs de conductivité et de TDS serait liée à l'intrusion des eaux marines en lagune Ebrié. Cette élévation des valeurs de la conductivité et du TDS pourrait être attribuée aussi aux apports d'eaux marines mais également à l'influence des activités humaines (Inza et al., 2009; Abai et al., 2014). En effet, le rejet des eaux thermales dans les plans d'eau naturel augmente la conductivité de ces eaux (Moussa et al., 2012). Dongo et al. (2013) ont signalé le rejet de ce type d'eau dans la lagune Ebrié par les industries d'Abidjan, avec une température moyenne de 37,78 °C. Les faibles valeurs de conductivité et du TDS observées entre la baie de Koumassi et la confluence lagune Ebrié-fleuve Comoé seraient liées à la dilution des eaux lagunaires par les eaux continentales provenant de la rivière côtière Mé et du fleuve Comoé. La faible valeur du coefficient de variation (13,63%) dans la colonne d'eau en saison sèche, s'expliquerait par une distribution homogène de la conductivité en lien avec l'effet de la prédominance des eaux océaniques en lagune Ebrié. La seconde prend en compte le potentiel d'oxydoréduction et les matières en suspension qui enregistrent des valeurs élevées en saison pluvieuse. Pour le potentiel d'oxydoréduction, son évolution est en relation avec celle de l'oxygène dissous. Elle peut également dépendre de certains contaminants (le soufre, le nitrate, le fer) qui fonctionnent comme l'oxygène dissous. Le potentiel d'oxydoréduction est un indicateur de la capacité d'un milieu aquatique à s'auto-

épurer. Une teneur moyenne élevée du potentiel redox en période pluvieuse, signifie que les micro-organismes peuvent dégrader facilement les contaminants à cause de la forte oxygénation des eaux. La faible concentration moyenne du potentiel en période sèche s'expliquerait par la consommation importante de l'oxygène lors de la dégradation des matières oxydables (Briton et al., 2007; Chagas et Suzuki, 2005). La bonne oxygénation des eaux lagunaires en période pluvieuse favorisée par les conditions hydrodynamiques et climatiques locales serait à l'origine de l'augmentation des valeurs du potentiel. En période pluvieuse, la valeur négative du potentiel d'oxydoréduction observée dans la baie de M'Badon est de -31,1 mv. Selon Traoré et al., 2012, cette valeur négative du potentiel redox serait due à une insuffisance en oxygène dissous. En effet, la décomposition de la matière organique est ralentie par les faibles teneurs des eaux en oxygène, rendant le milieu réducteur. Les faibles valeurs du coefficient de variation dans les eaux en surface pendant la saison sèche (3,35%) et pendant les deux saisons (4,85% pour la saison des pluies, 1,96% pour la saison sèche) dans la colonne d'eau, indiquent une variation homogène du potentiel. Par contre, la forte valeur du coefficient de variation (19,83%) en saison pluvieuse indiquerait une dispersion des valeurs du potentiel. L'augmentation des teneurs des matières en suspension en saison pluvieuse (18,32 mg/L) par rapport à la saison sèche (15,13 mg/L), serait due aux eaux pluviales qui amènent dans la lagune d'importantes quantités de déchets. Cela occasionne une hausse de la quantité des matières en suspension. Cette situation peut être expliquée par l'effet du lessivage des zones urbaines par les eaux de pluie (Kouassi et al., 2005) et aussi par une intense érosion du bassin versant qui apporte au milieu récepteur d'énormes quantités de particules dont l'impact, sur la qualité des eaux, est important (Makhoukh et al., 2011).

Les teneurs moyennes en saison sèche et en saison pluvieuse en sels nutritifs sont respectivement égales 1,78 et 1,57 pour le phosphate, 0,38 et 0,245 pour l'ammonium et

0,04 et 0,089 pour le nitrite. Les teneurs du phosphate et de l'ammonium sont élevées en saison sèche par rapport à la saison pluvieuse. Par contre, les teneurs du nitrite sont plus importantes en saison pluvieuse qu'en saison sèche. L'analyse générale des teneurs de ces paramètres montre qu'elles sont faibles pendant les deux saisons. L'élévation des teneurs en phosphate et en ammonium pendant la saison sèche par rapport à la saison pluvieuse serait due aux entrées dans la lagune d'eau océanique riche en sels nutritifs liées aux résurgences côtières bouleversant ces caractéristiques (Kouassi et al., 2005). La proximité des sources de phosphate et d'ammonium peut être aussi un facteur déterminant dans l'enrichissement du plan d'eau lagunaire en ces composés. En effet, la forte anthropisation, les rejets urbains domestiques dans l'eau par les populations environnantes et les apports des eaux de ruissellement conduisent à de grandes variations de la teneur de ces composés en particulier après le retrait des eaux de pluie (Zinsou et al., 2016). L'impact des rejets domestiques pourrait être accentué par l'insalubrité urbaine liée à un défaut d'assainissement dans certains quartiers précaires situés dans la zone de Koumassi et Marcory (Yapo et al., 2010). L'augmentation des concentrations du nitrite en saison des pluies serait liée à un apport de cet élément par les eaux de ruissellement en période pluvieuse. Cela a été observé par Kouassi et al. (2005) qui attribuent l'enrichissement en des sels nutritifs des eaux superficielles de la lagune Ebrié par les eaux de pluies. Les faibles teneurs des nitrites pendant les deux saisons seraient dues à l'oxydation rapide qui les transforme en nitrates (Zinsou et al., 2016). Pour Adjiri et al. (2008), la présence des composés azotés et phosphatés dans le plan d'eau lagunaire pourrait être attribuée aux lixiviats issus des différentes décharges et des baies. Konan et al. (2013) ont plutôt remarqué une relative augmentation des teneurs de ces trois paramètres en périodes pluvieuses dans la lagune de Grand-Lahou. Ils ont attribué ce constat au drainage des eaux de ruissellement, des bassins versants et au relargage des

sédiments dans la lagune. En effet les engrais agricoles épandus dans l'environnement (champ, zone urbaine) sont entraînés par les eaux de ruissellement dans la lagune. L'entrée de ces eaux dans le plan d'eau lagunaire engendre une remontée des sédiments riches en sels nutritifs qui viennent enrichir la colonne d'eau. Les teneurs moyennes respectives de la DBO₅ en saison sèche et en saison pluvieuse, dans la lagune Ebrié, sont 34,16 mg/L et 40,23 mg/L. En lagune Aghien, elles sont égales à 17,5 mg/L pour la saison sèche et 7,58 mg/L pour la saison pluvieuse. Les concentrations de la DBO₅ en lagune Aghien sont inférieures à celles de la lagune Ebrié. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la lagune Aghien est localisée dans une zone rurale. En effet, cette lagune se trouve à proximité des villages Aghien et Akandjé. Elle est entourée principalement par les plantations de palmiers à huile et d'hévéa. La lagune Ebrié, par contre, est bordée par la ville d'Abidjan qui concentre l'essentiel des industries de la Côte d'Ivoire. Ces industries, selon Yao-Assahi et al. (2019), sont à la base des concentrations élevées de la DBO₅. Ces auteurs justifient leur propos par le fait que certains de ces établissements ne disposent pas d'unités de traitement des eaux usées. Les valeurs très élevées du coefficient de variation de la DBO₅ et des sels nutritifs (> 15%) traduiraient une très forte variabilité de ces paramètres liée aux apports d'eaux (eaux usées domestiques et industrielles, eaux continentales et océaniques) en lagune Ebrié.

Le niveau de pollution des eaux varie de modéré à très forte pendant les deux saisons. Il présente une inégale répartition spatiale dans la lagune. Cette observation serait liée à l'hétérogénéité spatiale des teneurs des polluants phosphorés, azotés et des matières organiques. Il faut noter, aussi, que les baies sont les plus polluées. En effet, l'hydrodynamisme est faible dans les baies et les eaux pluviales ont peu d'incidence sur le renouvellement des eaux lagunaires. Les apports de polluants par les ruissellements mélangés aux eaux usées accentuent le niveau de détérioration des eaux. Dans la zone estuarienne, l'impact des rejets urbains abidjanais et des agro-industries est nettement

démontré dans l'élévation du niveau de pollution. Ces effluents créent une hyper-eutrophisation à proximité des zones de rejets. A l'Est de la lagune, entre la baie de Bingerville et le fleuve Comoé, le niveau de pollution ne varie pas en fonction des saisons. Cette invariabilité du niveau de pollution dénote du peu d'influence des activités anthropiques sur cette zone encore rurale. De la saison sèche (étiage) à la saison pluvieuse, on a une diminution des zones modérément polluées et l'extension des zones fortement et très fortement polluées. Pendant la saison sèche, on note une absence ou une diminution des apports de particules polluants par les eaux pluviales engendrant une dépréciation des teneurs des matières oxydables (matières organiques, nitrite et phosphate). Ceci est à l'origine des fortes intensités de pollution observées dans les milieux dont les eaux sont peu renouvelées telles que les baies de Cocody et de Yopougon. En saison pluvieuse, les eaux arrivent dans le milieu lagunaire par plusieurs émissaires. Elles se mélangent aux eaux usées en fonction du courant entraînant une généralisation des zones à forte intensité de pollution (Dufour et al., 1994). Cette étude a révélé la dégradation importante de certaines baies (baie du Banco, baie de M'Badon, Baie de Yopougon, baie de Biétry) pendant les deux saisons. Ces baies ont enregistré les intensités de pollution organique les plus élevées (pollution très forte). Le niveau de pollution de ces baies est le reflet d'une accumulation importante de la matière organique dans leurs eaux. En effet, la faible minéralisation de cette matière organique engendre une forte pollution organique (Zinsou et al., 2016).

Conclusion

Cette étude a permis de faire un état de la pollution organique des eaux de la lagune Ebrié. Plusieurs paramètres ont été utilisés. Ce sont : le TDS, la conductivité, le potentiel d'oxydoréduction, l'ammonium, le nitrite, le phosphate, la DBO₅ et les matières en suspension. Les valeurs de TDS et de la conductivité sont élevées pendant la saison sèche dominée par les eaux marines. Les fortes

teneurs en phosphate et en nitrate sont dues aux eaux usées qui pénètrent dans la lagune. Les eaux de pluies apportent une quantité importante de matières particulaires qui engendrent l'augmentation des teneurs de la DBO₅, des nitrites et des matières en suspension. L'intensité de la pollution organique varie de modérée à très forte pendant les deux saisons. L'impact de la variation des saisons est mis en évidence par la réduction des zones modérément polluées et l'expansion des zones fortement et très fortement polluées lorsqu'on passe de la saison sèche à la saison pluvieuse. L'évolution actuelle du niveau de pollution des eaux de surface de la lagune Ebrié permet d'interpeller l'ensemble de la population et plus particulièrement les décideurs sur la nécessité de mettre en place des infrastructures permettant de réduire la quantité de polluants rejetés dans la lagune Ebrié.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

JGTBI est l'auteur principal de ce travail et a participé à toutes les étapes de sa réalisation. MLAK et CAK ont contribué à la rédaction de l'article, à l'analyse et à l'interprétation des données. SAC a assuré la supervision générale des travaux effectués.

REFERENCES

- Abai EA, Ombolo A, Ngassoum MB, Mbawala A. 2014. Suivi de la Qualité Physico-Chimique et Bactériologique des Eaux des cours d'eau de Ngaoundéré, au Cameroun. *Afrique Sciences*, **10**(4): 135-145. URL: <http://www.afriquescience.info/document.php?id=4044>.
- Afnor. 2001. *Qualité de l'eau, Eléments Majeurs-Autres Eléments et Composés Minéraux* (6^{ème} Edn). Aubenas Ardèche.
- Adjiri OA, Gone DL, Kouame IK, Kamagate B, Biemi J. 2003. Caractérisation de la Pollution Chimique et Microbiologique

- de L'environnement de la décharge d'Akouédo, Abidjan-Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2**(4): 401-410. DOI: 10.4314/ijbcs.v2i4.39768
- Anoh KP, Aboya N. 2010. Enjeux et Impacts de la Pisciculture Semi-Industrielle en Lagune. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, **2**: 3-13. URL: https://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR_ARTICLE_1118.pdf
- Briton BGH, Yao B, Ado G. 2007. Evaluation of the Abidjan Lagoon Pollution. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, **11**(2): 173-179. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v11i2.55030>
- Chagas GG, Suzuki M. 2005. Seasonal Hydrochemical variation in a Tropical Coastal Lagoon (Açu lagoon, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, **65**(4): 597-607. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000400006>
- Dongo KR, Niamke BF, Adje AF, Britton BGH, Nama LA, Anoh KP, Adima AA, Atta K. 2013. Impacts des Effluents Liquides Industriels sur l'Environnement Urbain d'Abidjan - Côte D'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(1): 404-420. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1i.36>
- Dufour P, Kouassi AM, Lanusse A. 1994. Les pollutions. Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire : *Les Milieux lagunaires*, **2**: 309-334. URL: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers_2/40695.pdf
- INS. 2014. Recensement Générale de la Population et de l'Habitation (RGPH) 2014. Données Socio-Démographiques et Economiques des localités, Résultats Définitifs par localités, Région des Lagunes. Vol. III, tome 1, Abidjan
- Inza B, Metongo BS, Assoi OE, Trokourey A, Yobou B. 2009. Caractérisation Physico-Chimique des eaux et des Sédiments de Surface de la Baie des Milliardaires, Lagune Ebrie, Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, **131**: 35-154. URL: https://revist.net/REVIST_13/REVIST_13_8.pdf
- Konan KS, Kouassi KL, Kouame KI, Kouassi AM, Gnakri D. 2013. Hydrologie et Hydrochimie des Eaux dans la Zone de Construction du Chenal du Port de Pêche de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(2): 819-831. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.37>
- Kouassi AM, Tidou AS, Kamenan A. 2005. Caractéristiques Hydrochimiques et Microbiologiques des Eaux de la Lagune Ebrié (Cote d'Ivoire). Partie I : variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques. *Agronomie Africaine*, **17**(2): 117-136. URL: <https://www.researchgate.net/publication/265475913>
- Leclercq L. 2001. Intérêt et Limites des Méthodes d'Estimation de la Qualité de l'Eau. Station Scientifique des Hautes Fagnes : Belgique.
- Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Van. CM. 2011. Contribution à l'étude Physico-Chimique des Eaux Superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal*, **09**: 149-169. URL: <http://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/121>
- Moussa AB, Chahlaoui A, Rour EH. 2012. Évaluation de la Pollution Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(6): 7096-7111. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.44>
- Rodier J. 2009. *L'analyse de l'eau* (9^{ème} édition). Entièrement mise à jour. Dunod: Paris.
- Tuo AD, Soro MB, Trokourey A, Bokra Y. 2015. Evidence of Organic Pollution Observed in Ebrié Lagoon around Abidjan City (Côte d'Ivoire). *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*,

- 11(1):** 40-45 **URL:**
<https://www.researchgate.net/publication/298212432>
- Traore A, Soro G, Kouadio EK, Bamba BS, Oga MS, Soro N, Biemi J. 2012. Evaluation des Paramètres Physiques, Chimiques et Bactériologiques des Eaux d'une Lagune Tropicale en période d'été: la Lagune Aghien (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6(6)**: 7048-7058. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.40>
- Yao-Assahi AIN, Gnagne AEJEY, Anoh KP, Ossey YB. 2021. Evaluation of water Pollution linked to Industrial activities and Impact on the Health of Population in Southern Abidjan. *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, **4(7)**: 159-177. URL: <https://retssa-ci.com/pages/Numero7/YAO/TAP-Retssa-Assahi%20et%20al-Juillet-2021.pdf>
- Yao KM, Metongo SB, Trokourey A, Bokra Y. 2007. Détermination de Certains Paramètres de Pollution dans les Baies d'une Lagune Tropicale : la Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie*, **4(1)**: 1-
- 10.** **URL:**
<https://www.researchgate.net/publication/272742779>
- Yao KM, Metongo BS, Trokourey A, Bokra Y. 2009. La Pollution des Eaux de la Zone Urbaine d'une Lagune Tropicale par les Matières Oxydables (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3(4)**: 755-770. DOI: 10.4314/ijbcs.v3i4.47168
- Yapo OB, Mambo V, SEKA A, Ohou MJA, Konan F, Gouzile V, Tidou AS, Kouame KV, Houenou P. 2010. Evaluation de la qualité des Eaux de Puits à usage Domestique dans les quartiers défavorisés de quatre Communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **4(2)**: 289-307. URL: <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Zinsou HL, Attingli AH, Gnohossou P, Adandedjan D, Laleye P. 2016. Caractéristiques Physico-Chimiques et Pollution de l'eau du Delta de l'Oueme au Benin. *Journal of Applied Biosciences*, **97**: 9163-9173. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v97i1.3>