

Caractérisation hydrologique des eaux de la baie de Biétry, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire

**Etche Mireille Elise AMANI*, Apie Colette AKOBE, Kacou Stéphane Fabrice EKPONOU
et Kouadio AFFIAN**

*UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, laboratoire de Géologie Marine et Sédimentologie,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (UFHB), Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : etche28@yahoo.fr

Résumé

La croissance démographique, la prolifération d'unité industrielle le long de la baie de Biétry a occasionné la pollution de cet environnement. La baie de Biétry sert de réceptacle de déchets solides et liquides aux unités industrielles et quartier environnant qui a occasionné la pollution de ce milieu. Ainsi, l'objectif de ce travail est de déterminer les paramètres hydrologiques de la baie de Biétry. Ainsi quatre stations de prélèvement ont été implantées à différents points de la baie. Les paramètres hydrologiques ont été mesurés *in situ*. Les MES, sels nutritifs (ammonium, nitrite et phosphate) et la DCO ont été mesurés au laboratoire. Les résultats ont montré que la baie de Biétry présente un pH = 8,83, une température (29,58°C), une Conductivité électrique (48510 us/cm) élevé en surface et pauvre en oxygène dissous dans le fond (3,95 mg/L). Les paramètres tels que les Matières en Suspensions et la salinité présentent des valeurs très prononcées dans le fond tandis que l'oxygène dissous est très faible dans le fond (3,95 mg/L). Il ressort que les eaux de la baie de Biétry sont chaudes, alcaline, basique influencé par les rejets industriels et les concentrations en sels nutritifs sont peu importantes. Cependant, les zones sous l'influence des rejets et eaux usées ont enregistré des concentrations plus élevées en des paramètres de pollution.

Mots-clés : *baie, paramètres hydrologiques, Biétry, lagune Ebrié.*

Abstract

Hydrological characterization of the waters of Bietry bay, Ebrie lagoon, Côte d'Ivoire

Population growth, the proliferation of industrial units along the Bay of Bietry has caused pollution of this environment. Bietry bay serves as a receptacle of solid and liquid waste to industrial units and surrounding area that has caused pollution of this environment. Thus, the objective of this work is to determine the hydrological parameters of Bietry Bay. Thus four sampling stations have been established at different points of the bay. Hydrological parameters were measured *in situ*. MES, nutrients (ammonium, nitrite and phosphate) and COD were measured in the laboratory. The results showed that the Bietry berry has a pH = 8.83, a temperature (29.58 ° C), an electrical Conductivity (48510 us / cm) high in surface and low in dissolved oxygen in the bottom (3.95 mg / L). Parameters such as Suspended Material and salinity have very high values in the background while dissolved oxygen is very low in the background (3.95 mg / L). It appears that the waters of Bietry Bay are warm, alkaline, basic influenced by the industrial discharges and the concentrations in nutritive salts are not important. However, areas under the influence of discharges and wastewater recorded higher concentrations in pollution parameters.

Keywords : *bay, hydrological parameter, Bietry, Ebrie lagoon.*

1. Introduction

Le littoral ivoirien long de 566 km est parsemé de lagunes de l'est à l'ouest. Elles ont chacune leur particularité. Ces lagunes sont réputées avoir une intense production de pêche en raison des apports continentaux riches en nutriments. Toutefois, l'explosion démographique et le développement industriel ont accéléré la dégradation de ces plans d'eau [1]. La plus grande avec une superficie de 566 km² est la lagune Ebrié. Elle possède une dizaine de baies réparties sur toute son étendue. L'une d'entre elle, la baie de Biétry, du fait de l'installation d'unités industrielles dans sa zone, reçoit des rejets urbains et industriels [2]. Elle connaît ces dernières années une dégradation avancée occasionnant une forte mortalité de ses poissons et une pollution visible et odorante. Afin de mieux appréhender les facteurs occasionnant les dommages causés à la baie de Biétry, une étude est menée dans un premier temps pour l'évaluation de la qualité hydrologique des eaux de cette baie. Ainsi, les différents paramètres hydrologiques qui seront analysés dans notre études sont ; la température, la salinité, la conductivité électrique, les MES, les DCO, le pH, les sels nutritifs dissous (NO₂⁻, NH₄⁺ et PO₄³⁻) et l'oxygène dissous.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

La baie de Biétry est localisée dans le Sud-Est de l'agglomération abidjanaise (**Figure 1**), en lagune Ebrié entre les latitudes 5° 15' et 5° 18' Nord et longitude 3° 58' et 4° 00' Ouest. Elle a une superficie de 6 km² et une profondeur moyenne de 3,8 m [2]. Cette baie communique avec l'ensemble lagunaire Ébrié à ses deux extrémités. L'une des extrémités de la baie de Biétry est reliée à la lagune Ébrié par une passe qui débouche à proximité du canal de Vridi.

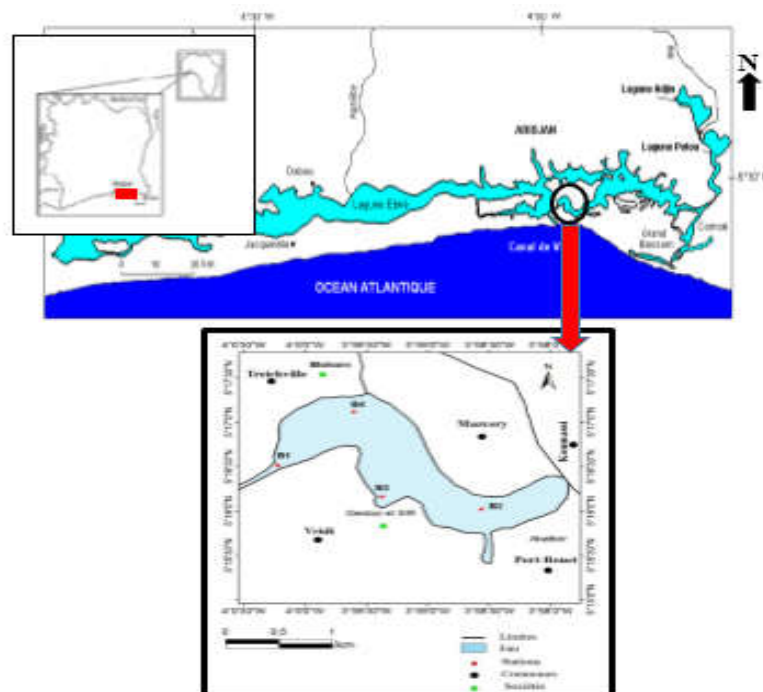


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude baie de Biétry et site de prélèvements

Selon leur localisation (à proximité des industries agro-industrielles) et leur profondeur, le choix des sites d'échantillonnage sont représentatifs de l'ensemble de la baie.

2-2. Données d'études

Des données hydrologiques ont été collectées à partir de quatre stations de prélèvement mise en place à certains endroits de la baie de Biétry. Ces stations de prélèvement sont nommées B1, B2, B3 et B4. Pour chaque station, les prélèvements et les mesures sont faites en surface et en profondeur.

2-3. Analyses et traitement des données

2-3-1. Analyse des données

La température, la salinité, la conductivité électrique, le pH et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ à l'aide d'une sonde multiparamétrique WTW série 196 ou YSI 620 M ou YSI 6920 V2. Les matières en suspension, les nitrites, l'ammonium et les ortho-phosphates, la demande chimique en oxygène ont été déterminés au laboratoire par la méthode au dichromate [3].

2-3-2. Traitements des données

Les données recueillies sur le terrain ont été traitées de façon numérique. Excel a permis à la création de la base de données des paramètres et le logiciel ArcGIS a été utilisé pour la réalisation des cartes de répartition spatiale des différents paramètres physico-chimiques sur l'étendue de la baie de Biétry.

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres hydrologiques des eaux de surface

Les **Tableaux 1** présentent les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain et dosés au laboratoire.

Tableau 1 : Différentes valeurs des données hydrologiques de surface et de fond de la baie de Biétry
(S : Surface, F : Fond, Niv :niveau)

Baie de Biétri		T°C	pH	O ₂ (mg/L)	CE (μS/cm)	Salinité (‰)	DCO (mg/L)	MES (mg/L)
Stations	Niv							
Biétri 1	S	28,85	8,5	5,15	47953	29,41	695	16
	F	27,1	8,36	0	48841	31,58	669	21
Biétri 2	S	30,24	9,23	13,95	50921	27,2	589	23
	F	30,13	9,17	13,70	46860	27,33	627	41
Biétri 3	S	28,56	8,56	1,8	46842	29,03	741	29
	F	27,86	8,23	2,1	47927	29,7	779	28
Biétri 4	S	30,46	9,03	1,3	48324	28,05	656	29
	F	30,18	7,35	0,0	48337	28,18	698	76

3-1-1. La température

La température des eaux superficielles oscille entre 28,56 °C et 30,46 °C avec une moyenne de 29,52 °C. Les eaux de profondeur ont une température qui varie de 27,1 °C à 30,18 °C (28,81 °C). La variation spatiale de la température se fait entre 28,81 et 29,2 °C (**Figure 2**). La température la plus élevée est observée à la surface (30,46 °C) au niveau de Biétry 4 (B4) tandis que la température du fond est faible 27,1 °C (B1). En effet, on observe une légère diminution de la température des eaux de surface vers celui du fond. D'où, les eaux de la baie de Biétry sont plus chaudes dans le Nord et le Sud-Est et sont froides à l'entrée de la baie et au centre.

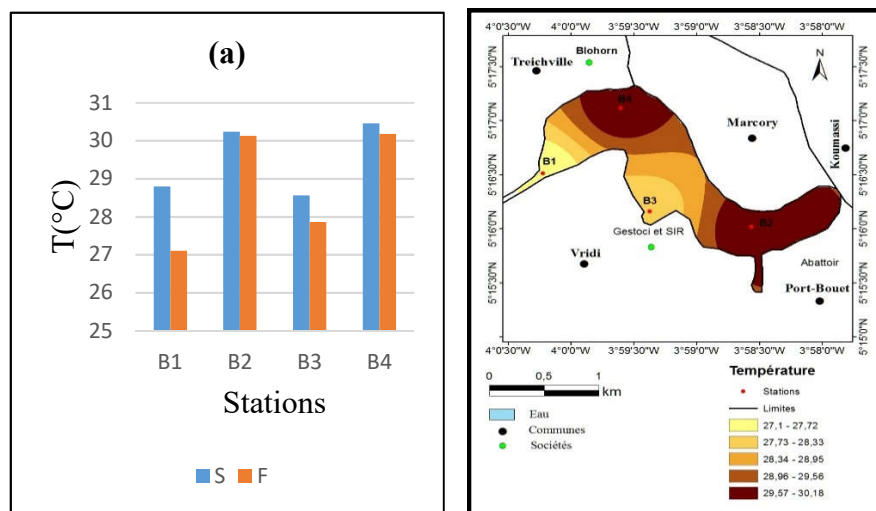


Figure 2 : Température

3-1-2. pH

Le pH des eaux superficielles est compris entre 8,5 et 9,23 avec une moyenne de 8,83 qui est relativement plus élevée que celle du fond (**Tableau 1**) dont le pH a une moyenne de 8,27. En effet, la **Figure 3** montre que les valeurs de pH varient en surface qu'au fond selon la station, cependant la valeur du pH maximale est de 9,23 à la station B2 mesuré à la surface de la baie. Le pH décroît faiblement de la surface vers le fond. Dans l'ensemble de la baie, les eaux présentent un caractère basique (alcalin).

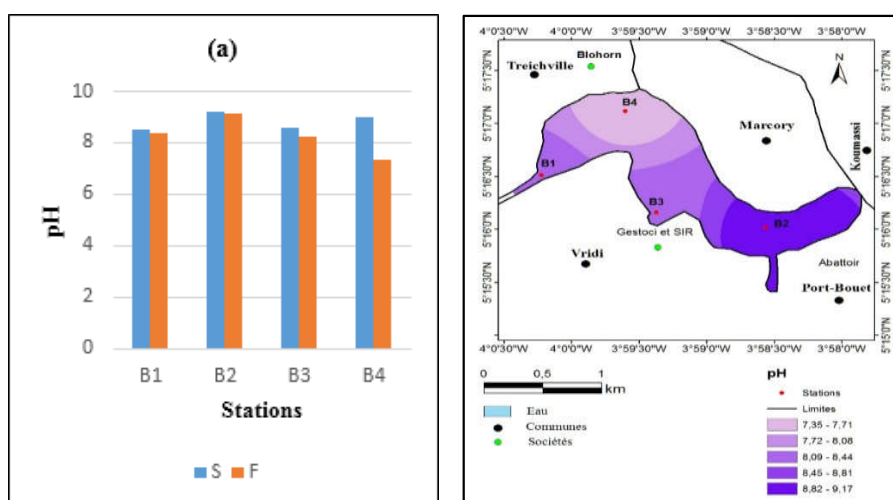


Figure 3 : Ph

3-1-3. Salinité

La salinité se situe entre 27,2 ‰ et 29,4 ‰ à la surface et elle est comprise entre 27,33 ‰ à 31,58 ‰ en profondeur. Cependant, les eaux de profondeur de la baie ont une salinité élevée (**Figure 4**) avec une moyenne de 29,19 ‰, et celle de la surface moins élevée avec une moyenne est de 28,42 ‰. Dans l'ensemble de la baie, la salinité est plus élevée et est maximale plus en profondeur qu'en surface à l'entrée de la baie (proche du canal de Vridi). De plus, elle est plus faible dans le reste de la baie de Biétry.

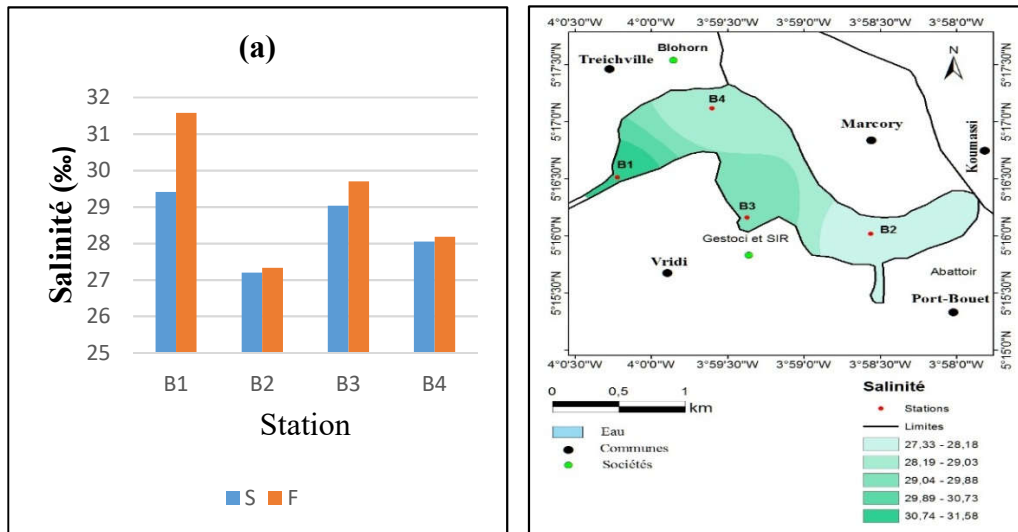


Figure 4 : Salinité

3-1-4. Conductivité électrique

La conductivité superficielle est élevée (**Figure 5**) et oscille entre 47953 et 50921 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 48510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tandis que celle de profondeur est faible avec une moyenne de 47991,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur minimale de la CE (44616 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est supérieure à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et donc supérieures à la valeur guide recommandées par l'OMS.

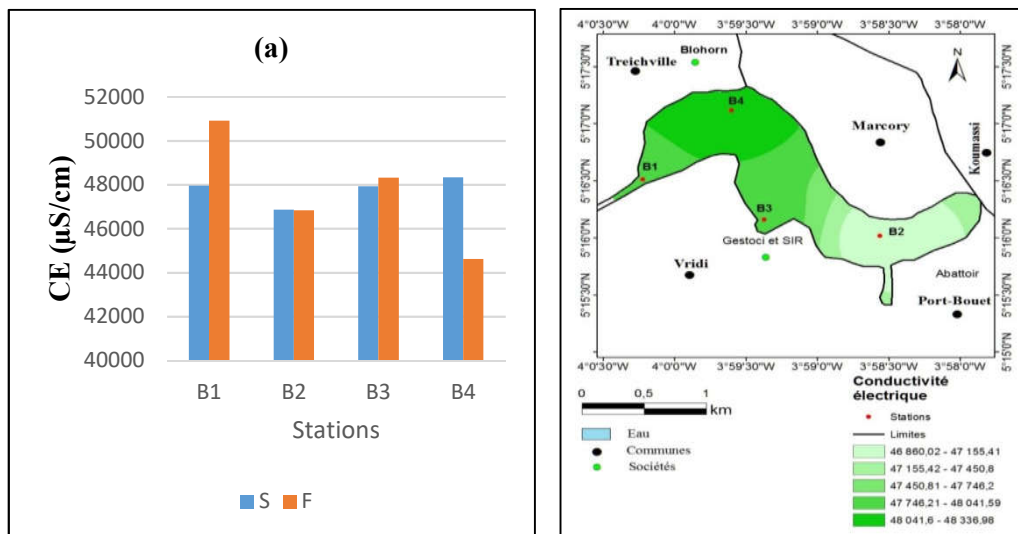


Figure 5 : Conductivité électrique

3-1-5. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les valeurs de la DCO superficielles sont comprises entre 589 et 695 mg/L (670,25 mg/L) et celle du fond oscille entre 627 mg/L et 779 mg/L (693,25 mg/L). La demande chimique en oxygène est plus élevée en profondeur qu'en surface et la valeur maximale de la DCO (779 mg/L) est observée au niveau des eaux du fond de la station B3. La plus faible valeur (*Figure 6*) de la DCO (589 mg/L) est observée à la surface des eaux de la station B2.

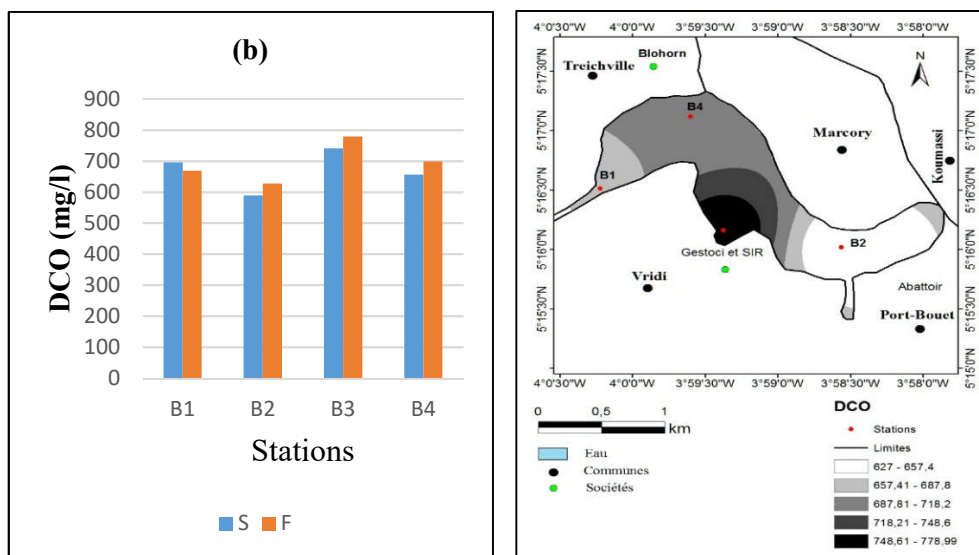


Figure 6 : Chimie en Oxygène (DCO)

3-1-6. Oxygène dissous

Les résultats du tableau I montrent que les valeurs moyennes de l'oxygène dissous des eaux superficielles et de fonds sont respectivement 5,5 mg/L et 3,95 mg/L. En effet, l'oxygène dissous élevé à la surface est supérieur au seuil (5 mg/L) et les eaux du fond ont un taux d'oxygène dissous faible et inférieur au seuil (5 mg/L). Les valeurs de l'oxygène dissous (*Figure 7*) montrent que les eaux des stations B1 et B2 possèdent des taux supérieurs au seuil (5 mg/L) en revanche celles des stations B3 et B4 sont inférieures au seuil (5 mg/L).

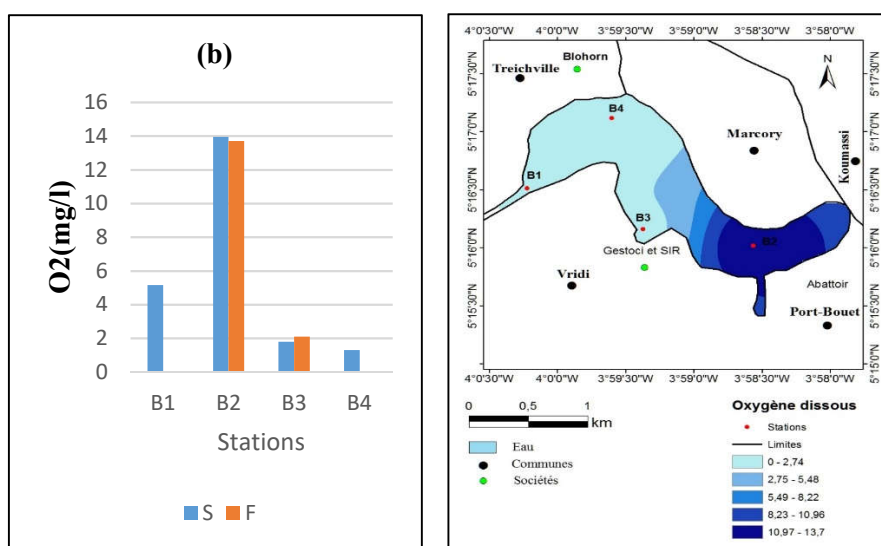


Figure 7 : Chimie en Oxygène (DCO)

3-1-7. MES

Les concentrations de MES à la surface sont comprises entre 16 et 29 mg/L avec une moyenne de 24,25 mg/L. Elles sont inférieures à celles de la profondeur dont les valeurs varient entre 21 et 76 mg/L avec pour moyenne 41,5 mg/L (*Figure 8*). La *Figure b* indique que les eaux à forte charge sédimentaire de la baie de Biétry occupent le fond et se localisent dans le secteur Nord.

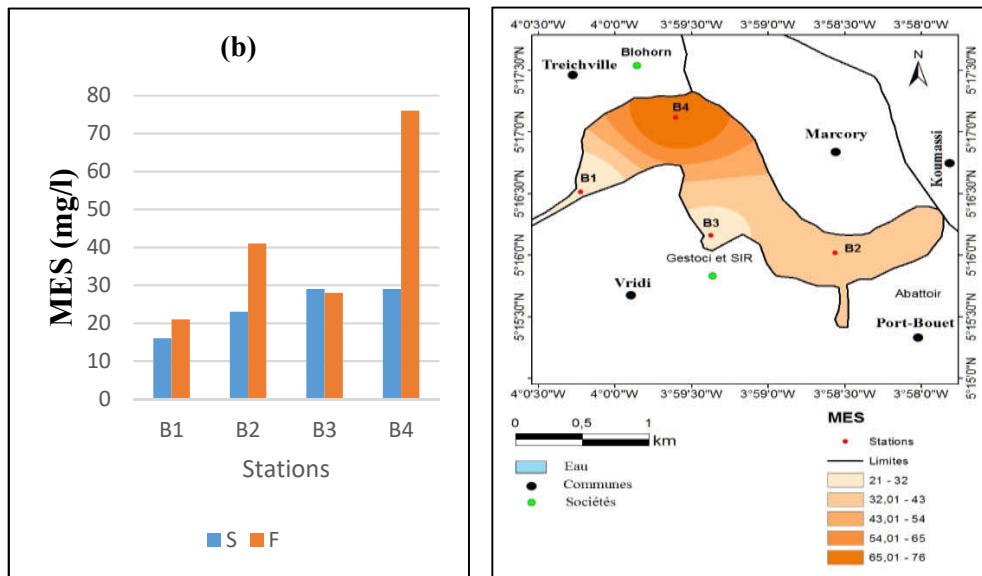


Figure 8 : MES

3-2. Variation des sels nutritifs (NH₄, NO₂ et PO₄) dans les eaux de l'estuaire

3-2-1. Ammonium (NH₄)

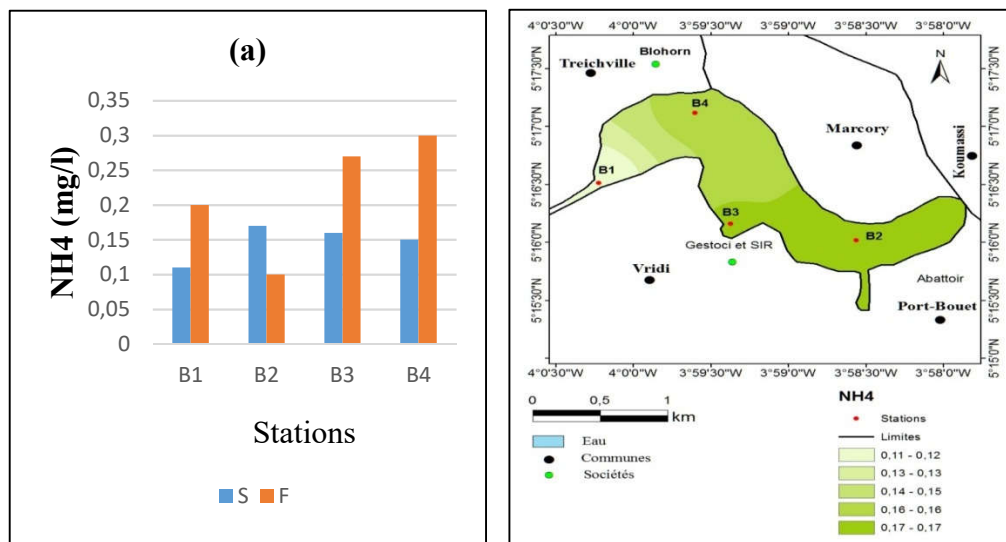


Figure 9 : Ammonium (NH₄)

Les teneurs en NH₄ se situent entre 0,11 et 0,17 mg/L dans les eaux superficielles. La teneur moyenne est de 0,1475 mg/L et la valeur maximale est enregistrée à la station B4 dans les eaux de fond. La plus faible teneur

est observée dans le fond de l'estuaire à la station B2 (0,1 mg/L). Les eaux du fond ont une teneur en ammonium qui oscille entre (0,1 à 0,3 mg/L) avec une moyenne de 0,2175 mg/L. La **Figure 9** montre que l'ammonium est plus concentré au fond qu'en surface aux stations B3 et B4.

3-2-2. Nitrite (NO_2)

Les concentrations de nitrites vont de (0,017 à 0,109 mg/L) en surface et de (0,017 à 0,032 mg/L) au fond. Les teneurs moyennes sont respectivement 0,044 mg/L et 0,021 mg/L en surface qu'au fond. La station B2 enregistre la valeur maximale de nitrite (0,109 mg/L) dans la baie (**Figure 10**).

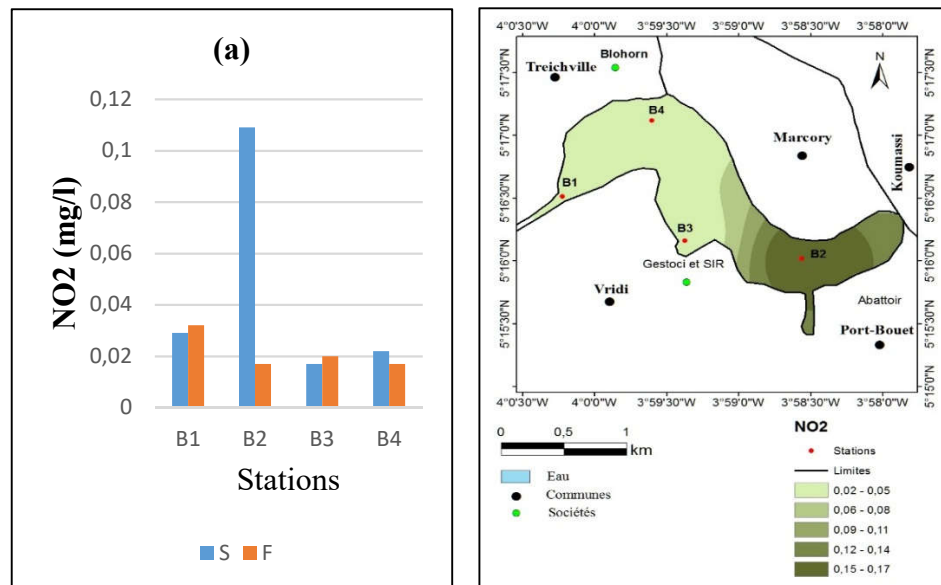


Figure 10 : Nitrite (NO_2)

3-2-3. Phosphate (PO_4)

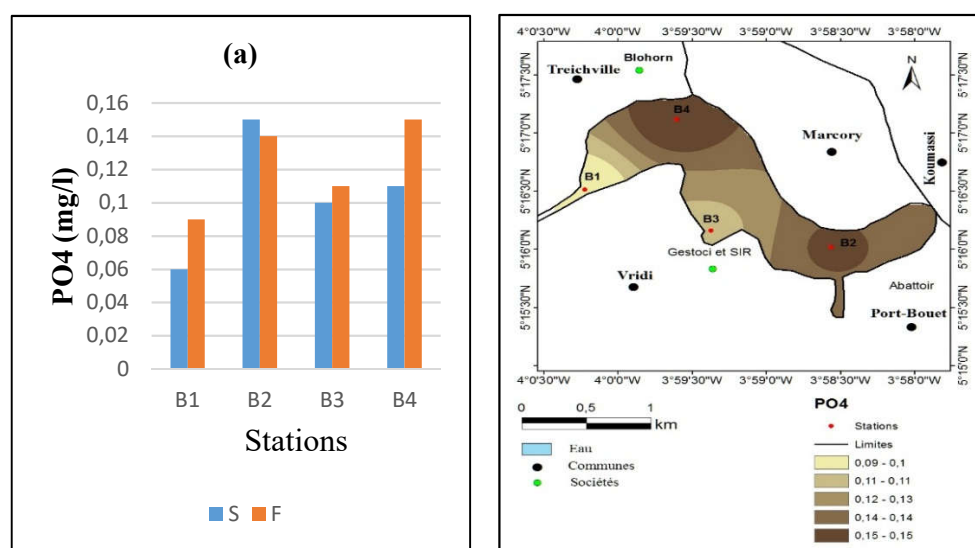


Figure 11 : Phosphate (PO_4)

Les phosphates sont concentrés au fond de l'eau avec des valeurs qui varient (0,09 - 0,15 mg/L) dont la moyenne est 0,1225 mg/L contre 0,105 mg/L en surface. La **Figure 11**(a) montre que les plus fortes valeurs sont enregistrées à la station B2 (0,15 mg/L) et B4 (0,11 mg/L). On remarque que les teneurs en phosphates (**Figures 11**) sont élevées à certains endroits. Ils favorisent la prolifération des plantes aquatiques et algues (B2 et B4).

Stations	Niv	NH ₄ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)
Biétry 1	S	0,029	0,06	0,11
	F	0,032	0,09	0,2
Biétry 2	S	0,109	0,15	0,17
	F	0,017	0,14	0,1
Biétry 3	S	0,017	0,1	0,16
	F	0,02	0,11	0,27
Biétry 4	S	0,022	0,11	0,15
	F	0,017	0,15	0,2

3-3. Discussion

Les valeurs extrêmes de la température enregistrées lors de cette étude en surface se situent dans la tranche habituelle (28,2 à 29,3°C en surface et 25 à 29°C au fond) [4]. Ces valeurs sont en accord avec celles trouvées par [1] dans les baies estuariennes de la lagune Ebrié (28,97 ± 1,50 °C et 29,74 ± 1,50 °C) en surface et les eaux du fond sont comprises entre 26,86 ± 2,46 °C et 28,81 ± 1,25 °C). Ces températures élevées (28 à 30°C) affectent la qualité des eaux et la rendent médiocre, à la vie aquatique et l'usage domestique [5]. Les valeurs élevées de la température s'expliqueraient par le fait que les gradients thermiques ont pour origine la coexistence en surface d'eaux continentales de faible densité et chaudes, avec les eaux marines plus denses et froides en profondeur, ainsi que la forte turbidité des eaux qui empêche la pénétration des rayons lumineux. En effet, un des facteurs de la variation de température est l'industrie qui utilise l'eau comme fluide réfrigérant. En fait, les températures élevées facilitent les réactions d'oxydation des dérivés de l'azote (NH₄⁺, NO₂⁻) et, par conséquent, entraîne une diminution du taux d'oxygène dissous [6]. Les pH moyens des eaux de surface de la baie pour la présente étude est 8,83 et celle des eaux du fond est de 8,27. Ces valeurs sont en accord avec celles observées par [1, 7] dans les baies de la lagune Ebrié. Ces valeurs sont (8,15 à 9,82) en surface et (8,25 à 9) en profondeur et sont conformes aux normes [4]. Les variations spatiales observées peuvent s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs. En effet, les valeurs élevées pourraient s'expliquer par la prépondérance des eaux marines comme cela a été suggéré par [2] et à la forte activité photosynthétique du phytoplancton et à la formation des composés organiques azotés. La salinité est un marqueur de l'origine des eaux. Les variations saisonnières de la salinité sont en liaison avec l'hydroclimat. Les valeurs de salinité moyenne des eaux estuariennes sont 28,42 ‰ en surface et 29,19 ‰ au fond. Celles-ci corroborent avec celles observées par [6] (28,84 ± 0,76 ‰ surface et 30,29 ± 1,71 ‰ au fond) et proche des travaux de [1] (16,48 ± 9,57 ‰ en surface et 29,71 ± 6,34 ‰ au fond). La gamme des valeurs moyennes de salinité de cette étude est largement supérieures avec celles observées dans la littérature (13,86 à 18,92 ‰) [8, 9] car la baie est sous la prédominance marine. En effet, les eaux sont plus salées en profondeurs qu'en surface. Notons que la faible dessalure des eaux observée du fond à la surface s'explique par le fait que, les eaux de profondeurs salées en recevant les eaux plus douces d'origine continentales se diluent peu à peu. Les eaux de la baie de Biétry présentent une conductivité moyenne de 48510 µs/cm en surface et

4799,25 $\mu\text{s}/\text{Cm}$ au fond. La répartition spatiale de la conductivité révèle une faible et inégale distribution des mesures sur toute la baie. Cette faible variation pourrait s'expliquer par les apports d'eaux de mer et d'eaux continentales. En effet, lors de la marée montante, a lieu une augmentation importante des sels et des minéraux dissous (chlorures, sulfates, calcium). Les valeurs moyennes de la demande chimique en oxygène (670,25 mg/L en surface et 693,25 mg/L en profondeur) sont largement supérieures au seuil ($\text{DCO} \leq 10 \text{ mg/L}$) [10]. Les concentrations moyennes d'oxygène dissous observées en surface est de 5,5 mg/L et 3,95 mg/L en profondeur. Les valeurs de la présente étude se rapproche des travaux de [7] $6,70 \pm 2,83$ surface et $1,56 \pm 2,29$ fond. Des résultats similaires ont été trouvés dans la baie des Milliardaires par [11] (5,4 mg/L et 7,6 mg/L en surface). Cette faible oxygénation (valeurs) des eaux peut être liée au confinement de l'estuaire et à la présence des matières organiques transportées dans l'estuaire par les eaux de ruissellement et aux rejets industriels qui mettent en péril la vie aquatique. Les valeurs moyennes en matières en suspension des eaux superficielle (24,25 mg/L) et (41,5 mg/L) en profondeur sont similaires à la concentration moyenne (21,60 mg/L) observée par [12] dans la baie du banco. Cette eau chargée en matières en suspension réduit la transparence et de ce fait la photosynthèse qui diminuent la quantité de poissons. Ces concentrations enregistrées dans la baie pourraient être attribuées d'une part à l'urbanisation et à l'industrialisation par apport de grande quantité d'eaux usées domestiques, déchets solides et agricoles d'autre part. Les teneurs en nutriments dans notre étude se rapprochent à celles de [13] et donc sont dans l'ensemble supérieures à celles obtenues par [9]. Cette évolution des teneurs est liée à l'urbanisation accélérée, l'usage croissant des engrais, une croissance démographique et industrielle sur la baie lagunaire. Il proviendrait aussi aux déversements continus des eaux usées domestiques qui nécessitent un traitement.

4. Conclusion

La présente étude a permis, à partir des paramètres hydrologiques, d'évaluer la qualité de l'eau de la baie de Biétry et de contribuer à la connaissance du niveau de pollution qui est à l'origine des perturbations et asphyxies des organismes aquatiques dans différents secteurs de la baie. Les variations spatiales des paramètres permettent de noter que la température, le pH, OD, la conductivité électrique sont plus élevés en surface surtout au voisinage du canal de Vridi qui est sous l'influence marine. De ce fait, les eaux sont chaudes, basiques et moins oxygénées. Cependant, les MES, la salinité, la DCO et les sels nutritifs sont plus élevés dans les eaux du fond. Les eaux sur toute l'étendue de l'estuaire sont chaudes, anoxiques par endroit, pauvres en nitrites mais riches en phosphates et ammonium. La circulation des eaux de la baie sont des sources de réoxygénation comme le montre Biétry 1 (Oxygène dissous : 5,15 mg/L) et Biétry 2 (Oxygène dissous : 13,82 mg/L). Au niveau de Biétry 3, zone très confinée, cette faible teneur en oxygène dissous (1,95 mg/L) s'identifie à des valeurs élevées en DCO (760 mg/L), en MES (28,5 mg/L) et de surcroît en température ($28,21^\circ\text{C}$). Les conditions de dissolution d'oxygène défavorables (0,65 mg/L) vu les températures élevées ($30,32^\circ\text{C}$) enregistrées et son état de confinement non négligeable (Biétry 4). Cette zone présente une forte teneur de MES (52,5 mg/L) directement liée aux déversements d'eaux usées chargées.

Références

- [1] - K. M. YAO, B. S. METONGO, A. TROKOUREY, Y. BOKRA. La pollution des eaux de la zone urbaine d'une lagune tropicale par les matières oxydables (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci. 3(4) (2009) 755-770
- [2] - R. ARFI et D. GUIRAL. Cycle hydrologique annuel d'une baie eutrophe: la baie de Biétry (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Revue Hydrobiologie Tropicale, vol.22, N°4, (1994) pp. 263-273

- [3] - K. S. AKPO, M. J. P. OUATTARA, G. M. EBA, S. OUFFOUET, L. COULIBALY, Etat de la pollution fécale dans les baies de la lagune Ebrié (Banco, Cocody et M'Badon) à Abidjan, Côte d'Ivoire. *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (2) (2016) 621-630
- [4] - P. DUFOUR, J. LEMOALLE, J. J. ALBARET. Le système Ebrié dans les typologies lagunaires, pp. in : *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire ; Tome II : Les milieux lagunaires*, édition ORSTOM, (1994) 546 p.
- [5] - OMS, Guide lines for drinking water quality, volume 1, recommandations. First addendum to 3 rd edn. World Health Organization (WHO), Genève, Suisse, (2006) 595 p.
- [6] - N. NGARAM, Contribution à l'étude analytique des polluants (en particulier de type métaux lourds) dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'Djamena. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon1, Lyon, (2011) 166 p.
- [7] - A. M. AKA, Qualité environnementale d'un estuaire a pression anthropique et a forçages naturels saisonniers en lagune Ebrié (sud-est de la Côte d'Ivoire).Thèse de doctorat, Uni. F.H.B., Côte d'Ivoire, (2017) 245 p.
- [8] - F. VARLET, Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Paris. Trav. Doc. Orstom, (1978). 83 p.
- [9] - A. M. KOUASSI, A. S. TIDOU, A. KAMENAN Caractéristiques hydrochimiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Partie I : Variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques. *AGRON. AFR.*, 17 (2), (2005) pp. 73-162
- [10] - B. T. J.-G. IRIE, Caractérisation de l'interface eau-sédiment dans un environnement lagunaire à forçage : hydrologie et évaluation environnementale du chenal est de la lagune Ebrié. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, (2017) 201 p.
- [11] - INZA et al., Caractérisation physico-chimique des eaux et des sédiments de surface de la baie des milliardaires, lagune Ebrié, Cote d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*,13 (2009) 139 - 154
- [12] - A. ODJOHOU, Caractérisation morphologique et hydrologique de la baie estuarienne du banco : lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Mém. DEA, Univ. Cocody, Côte d'Ivoire, (2015) 106 p.
- [13] - A. M. AKA, A. V. WOGNIN, E. M. AMANI, BI G. T. IRIE, A. S. COULIBALY, S. MONDE, Caractérisation saisonnière de l'hydrologie d'un estuaire sous forte pression anthropique et naturelle : la lagune Ebrié (sud-est de la Côte d'Ivoire), *journal of environmental hydrology*, vol 25, (2017) 12 p.