

ETAT DE LA POLLUTION ORGANIQUE DES EAUX DE LA BAIE PERI-URBAINE ET CONFINÉE D'ABOUABOU (LAGUNE EBRIE, CÔTE D'IVOIRE). IMPACTS DES FORCAGES

KANDO A. M. L., WOGNIN V., IRIÉ T. J. G., AKA A. M., COULIBALY A. S., MONDE S., AKA K.

Département de Géosciences Marines, UFR STRM, UFHB Abidjan

RESUME

Cette étude a pour objectif de déterminer le niveau de pollution organique des eaux de la baie d'Abouabou. Pour y arriver, 38 échantillons d'eau, soit 19 échantillons d'eau par saison ont été prélevés. Ces échantillons d'eau ont permis de doser les éléments chimiques tels que l'ammonium, les nitrites, les phosphates et la DBO₅.

Les concentrations moyennes obtenues pendant les saisons sèches et pluvieuses sont respectivement 0,05 et 0,04 mg/L pour l'ammonium, 0,01 et 0,014 mg/L pour les nitrites, 3,65 et 0,7 mg/L pour les phosphates et 27,63 et 35,85 mg/L pour la DBO₅. Les corrélations entre les éléments sont faibles.

Les valeurs de l'indice de pollution organique (IPO) évoluent entre 2,5 et 3,25 pendant les deux saisons. L'intensité de la pollution varie de modérément polluée à fortement polluée.

Mots clé : lagune Ebrié, baie d'Abouabou, paramètres chimiques, IPO, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

This study aims to determine the level of organic pollution of the waters of the Bay of

Abouabou. To do this, 38 water samples, 19 water samples per season, were collected. These water samples allowed the determination of chemical elements such as ammonium, nitrites, phosphates and BOD₅.

The mean concentrations obtained during the dry and wet seasons are 0.05 and 0.04 mg/L for ammonium, 0.01 and 0.014 mg / L respectively for nitrites, 3.65 and 0.7 mg / L for phosphates and 27.63 and 35.85 mg / L for BOD₅. The correlations between the elements are small.

Organic pollution index (IPO) values range from 2.5 to 3.25 during both seasons. The intensity of pollution varies from moderately polluted to highly polluted.

Key words: Ebrié lagoon, Abouabou Bay, chemical parameters, IPO, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

La lagune Ebrié avec une superficie de 566 km², compte de nombreuses baies qui occupent un cinquième de sa surface, soit 99 km² sur 523 km² (VARLET, 1978). La communication de cette lagune avec le percement du canal de Vridi, a entraîné une intensification de l'exploitation des baies et l'apparition de phénomène de pollution (PAGANO, 1988). La baie d'Abouabou, constitue un exemple remarquable, à peu près unique en lagune, de bassin à seuil (VARLET, 1978). Cette baie est située entre les latitudes 5°15' et 5°18'N et les longitudes 3°52' et 3°56' W sur la rive sud de la lagune Ebrié, à l'Est d'Abidjan (figure 1). Localisée en zone périurbaine, elle a une superficie de 3,90 km² et est entourée de mangroves et de plantations de cocotiers (WANGO *et al*, 2015).

Plusieurs travaux ont été menés dans la baie d'Abouabou (AFFIAN 2003 ; KOUASSI 2014 ; WANGO *et al* 2015). Toutefois, depuis une quinzaine d'année, l'anthropisme est de plus en plus fort. Les eaux de ruissellements des terres agricoles contenant des pesticides et des ménages non connectés aux réseaux d'égouts menacent la qualité des plans d'eau côtiers ivoiriens (MONDE, 2004). La présente note fait une analyse du niveau de la pollution organique de la baie d'Abouabou tout en évaluant l'impact des forçages.

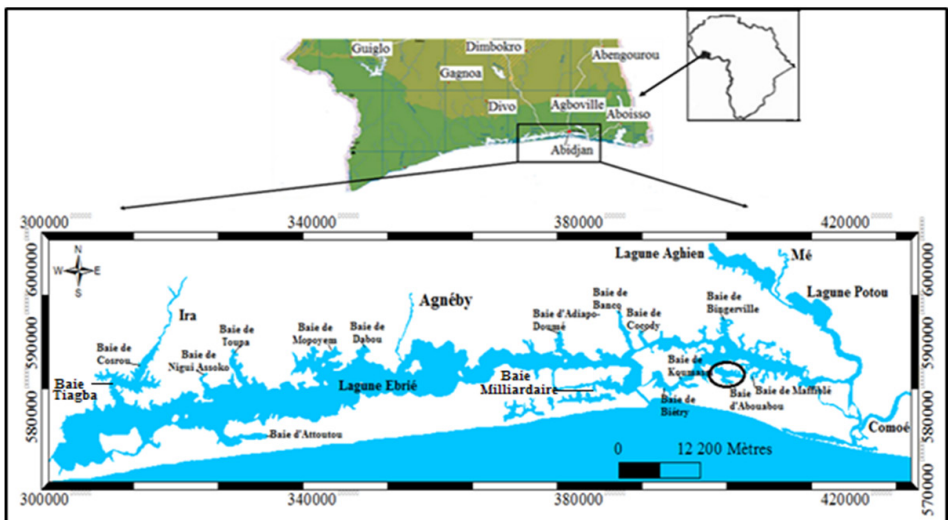


Figure 1 : Localisation de la baie d'Abouabou

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Echantillonnage d'eau

Le prélèvement d'eau se fait à l'aide d'une bouteille hydrologique NISKIN. Les échantillons sont renversés dans des flacons appropriés

et conservés dans des glaciers. Au total une vingtaine de stations, reparties dans la baie, ont été sondé pendant les périodes sèches et pluvieuses (Figure 2).

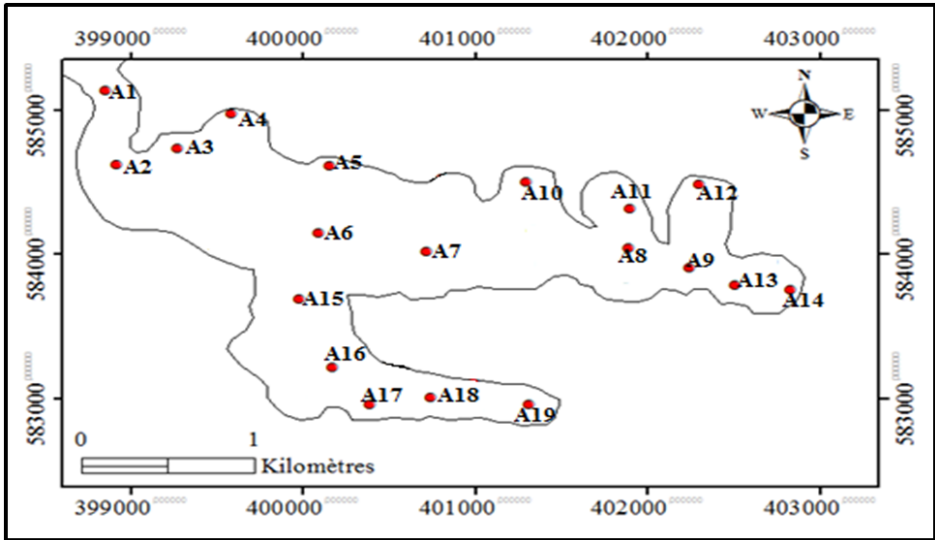


Figure 2 : Stations de prélèvement des échantillons d'eau

2.2. Détermination des paramètres chimiques

Concernant les analyses pour l'évaluation du niveau de pollution organique de la baie d'Abouabou, quatre paramètres à savoir l'ammonium, le nitrite, le phosphate et la demande biochimique en oxygène ont été déterminés.

Les concentrations en ammonium sont déterminées grâce à la méthode au bleu d'indophénol (AFNOR, 2001). Elle consiste à traiter en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate, par une solution d'hypochlorite de sodium et de phénol un échantillon d'eau. La solution obtenue est conservée à l'abri de la lumière pendant au moins 6 heures. Les lectures pour l'obtention des concentrations sont faites au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 630 nm.

Les réactions de diazotation en milieu acide en présence de l' amino-4-benzènesulfonamide et de dichlorure de N-(naphtayl-1) diamino-1,2 éthane a permis de mesurer les concentrations en nitrites. Le complexe obtenu a une coloration pourpre. La lecture de l'absorbance est faite à la longueur d'onde de 540 nm au spectrophotomètre (AFNOR, 2001).

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Le développement de

la coloration est facilitée par le tartrate double d'antimoine et de potassium (RODIER et *al*, 2009).

Le principe de la détermination de la DBO_5 est basé sur la mesure de l'oxygène consommé en cinq jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène,ensemencée avec des germes, puis placée dans une enceinte thermostatée à 20°C (RODIER et *al*, 2009).

2.3. Analyses statistiques

L'analyse en composantes principales normée est un outil d'analyse des données qui permet d'expliquer la structure des corrélations. Elle permet de mettre en évidence des similarités ou des oppositions entre deux ou plusieurs variables mesurés au cours de leur évolution. Ainsi deux variables voisines sur le cercle de communauté ont une affinité. Elle permet, en outre, de montrer la différence de comportement de groupes de stations vis-à-vis d'un ou plusieurs individus ou échantillons testés, définissant ainsi une zonation du plan d'eau en indiquant les individus responsables de ce découpage (AMANI, 2012).

Cette méthode sera appliquée aux données des deux périodes d'échantillonnage. Elle permettra donc d'avoir accès à leur structure (AFFIAN et *al*, 2002).

2.4. Calcul de l'Indice de Pollution Organique (IPO)

Les éléments polluants sont répartis en 5 classes (Tableau I). La valeur du paramètre obtenue au laboratoire est comparée aux valeurs du tableau pour connaître le numéro de la classe à laquelle elle appartient. La valeur de l'IPO pour un échantillon est égale à la moyenne des classes des paramètres (LECLERCQ et MAQUET, 1987; LECLERCQ, 2001). La valeur de l'IPO est donnée par la formule suivante:

$$IPO = (\sum_{k \neq 0}^i C_k, \dots, C_i) / n$$

Avec C_i , le numéro de classe du paramètre et n : le nombre de paramètres analysés

Les interprétations des valeurs de l'IPO sont données par le tableau II.

Tableau I : Classes des paramètres de l'IPO (LECLERCQ et MAQUET, 1987)

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

Tableau II : Variation des valeurs de l'IPO (LECLERCQ et MAQUET, 1987)

IPO	Intensité 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

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Variation saisonnière des concentrations des sels

Les teneurs en azote ammoniacale en saison de pluie fluctuent entre 0,007 mg/L et 0,13 mg/L avec une moyenne de 0,04 mg/L. Les fortes concentrations se localisent dans la partie Est du chenal principal au niveau de la berge supérieure. Ces concentrations sont supérieures à la norme OMS (2011) qui est de 0,05 mg/L. Le Bras secondaire de la baie enregistre de faible concentration en ammonium.

La saison sèche est marquée par des concentrations qui évoluent de 0,01 mg/L à 0,11 mg/L soit une moyenne de 0,05 mg/L. La zone d'entrée de la baie et le bras principal présentent de fortes concentrations en ammonium supérieures à la norme OMS (2011). Par contre le bras secondaire a de faibles teneurs en ammonium.

La teneur moyenne en saison sèche est supérieure à celle de la saison pluvieuse. Selon MAKHOUKH *et al* (2011), cela traduit l'effet de la dilution et témoigne d'une bonne oxygénation des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote en période pluvieuse. INZA *et al* (2009) expliquent ces valeurs élevées en ammonium observées en grande saison sèche par l'entrée d'eaux marines riche en éléments nutritifs dans la lagune Ebrié.

Les teneurs en nitrites des eaux analysées pendant les saisons des pluies et sèche varient respectivement entre 0,007 mg/L et 0,047 mg/L et entre 0,002 mg/L et 0,018 mg/L. Les valeurs moyennes respectives sont de l'ordre de 0,014 mg/L et de 0,01 mg/L. Les concentrations en nitrite pendant les saisons sèche et pluvieuse sont inférieures à la norme OMS (2011) qui est de 0,1 mg/L. Les fortes valeurs de nitrite en saison sèche comme en saison pluvieuse s'observent à l'entrée de la baie et au bord supérieur de la partie Est du chenal principal.

La teneur en phosphate varie de 0,11 mg/L à 2,5 mg/L, avec une moyenne de 0,7 mg/L en saison des pluies. Les valeurs élevées en phosphate se rencontrent à l'entrée de la baie, au Sud du bras principal et au niveau du bras secondaire. Le reste de la baie montre des concentrations en phosphate inférieures à la concentration moyenne en saison pluvieuse.

Pendant la saison sèche, les concentrations se trouvent entre 1,36 et 7,15 mg/L, avec une moyenne de 3,65 mg/L. Les fortes concentrations se rencontrent depuis l'entrée de la baie jusqu'à la zone de séparation des deux bras.

La saison sèche enregistre la valeur moyenne la plus élevée. La disponibilité des phosphates en période sèche s'expliquerait par la présence des activités d'élevages à côté de la baie et par les rejets des agglomérations avoisinantes.

3.2. Variation saisonnière des concentrations de DBO₅

Les concentrations de la DBO₅ des eaux superficielles de la baie d'Abouabou oscillent entre 10 mgL⁻¹ et 70 mgL⁻¹ en saison de pluie et entre 7 mg.L⁻¹ et 110 mg.L⁻¹ en saison sèche. Les valeurs moyennes sont de 27,63 mg.L⁻¹ pour la saison sèche et de 35,85 mg.L⁻¹ pour la saison des pluies. L'augmentation de la DBO₅ en saison pluvieuse traduit l'instauration de condition favorable à la dégradation des matières organiques apportées par les eaux de pluies. La faible teneur de la DBO₅ en saison sèche serait donc liée à un faible apport de matières oxydables dans la baie d'Abouabou.

Les fortes teneurs de DBO₅ dans la baie se rencontrent dans la zone de séparation des branches et aux extrémités Est du second bras pour la saison de pluie. Ces valeurs fortes sont localisées uniquement dans la zone de séparation des deux bras pour la saison sèche.

3. 3. Analyse statistique des données

3. 3.1. Analyse des données de la saison sèche

Les trois premiers axes expriment 89 % de la variance totale. L'axe d'inertie principale correspond à 46,93 % de la variance, l'axe 2 représente 27,57 % et l'axe 3 représente 14 %. La matrice de corrélation entre les variables est donnée au tableau III. Il indique que les variables n'ont pas de bonnes corrélations entre elles. L'axe 1 est défini par la DBO_5 à son pôle positif et à son pôle négatif par l'ammonium et les nitrites. L'axe 2 est défini par les phosphates à son pôle positif (Figure 3). La représentation des observations sur les axes F1 et F2 permet de distinguer trois (3) groupes d'eau dans la baie (Figure 4) :

- Groupes 1 : les eaux riches en phosphates et en matières organiques ;
- Groupe 2 : les eaux ayant de fortes teneurs en ammonium et nitrites ;
- Groupes 3 : les eaux pauvres en ammonium, nitrites, matières organiques et phosphates. Les individus de ce groupe sont contrôlés par les deux facteurs.

Tableau III : Matrice de corrélation entre les variables

	DBO_5	Phosphates	Nitrites	Ammonium
DBO_5	1			
Phosphates	0,41	1		
Nitrites	- 0,25	- 0,10	1	
Ammonium	- 0,36	- 0,07	0,52	1

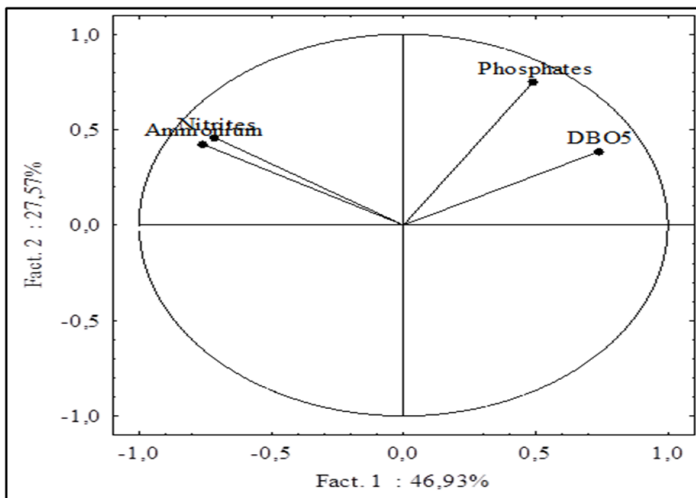


Figure 3 : Projection des variables dans le plan F1 - F2

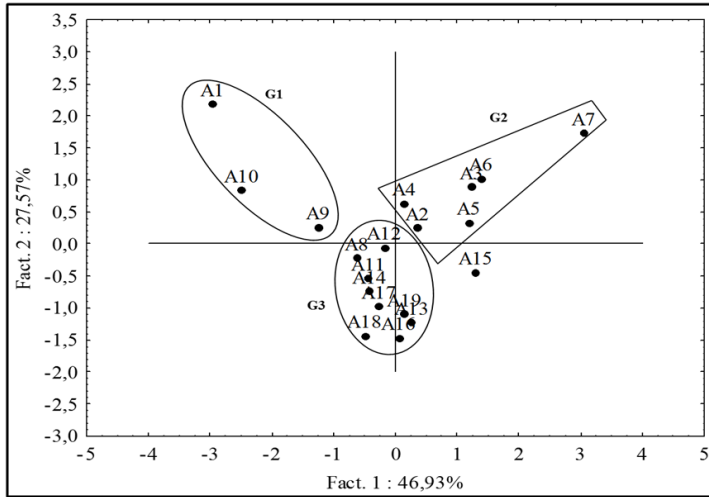


Figure 4 : Représentation graphique des individus

3. 3.2. Analyse des données de la saison pluvieuse

Les trois premiers axes expriment 91,56 % de la variance totale dont 39 % pour l'axe d'inertie principale, 29,91 % l'axe 2 et 22,65 % pour l'axe 3. La matrice de corrélation des variables du tableau IV indique de faibles corrélations entre les variables. L'axe 1 est défini par les phosphates à son pôle négatif et à son pôle positif par l'ammonium et les nitrites. L'axe 2 est défini par la DBO₅ à son pôle positif (Figure 5).

La représentation des observations sur les axes F1 et F2 permet de distinguer quatre (4) groupes d'eau dans la baie (Figure 6) :

- Groupes 1 : les eaux riches en phosphates. Elles sont pauvres en matières organiques, nitrites et ammonium ;
- Groupe 2 : les eaux ayant de fortes teneurs en ammonium et nitrites. Elles sont faiblement concentrées en matières organiques et phosphates ;
- Groupes 3 : les eaux riches en matières organiques ;
- Groupes 4 : les eaux pauvres en ammonium, nitrites, matières organiques et phosphates. Les individus de ce groupe sont contrôlés par les deux facteurs.

Tableau IV : Corrélations inter-éléments

	DBO ₅	Phosphates	Nitrites	Ammonium
DBO ₅	1			
Phosphates	- 0,34	1		
Nitrites	- 0,09	- 0,25	1	
Ammonium	- 0,16	- 0,42	0,11	1

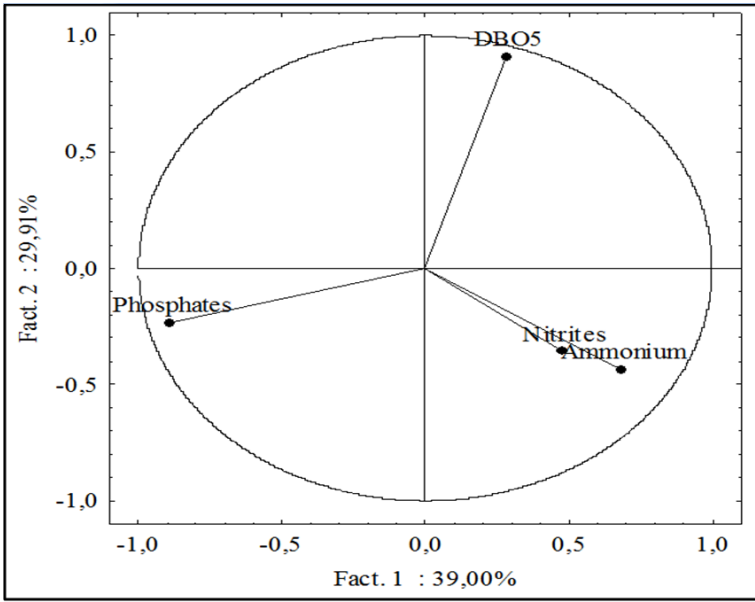


Figure 5 : Représentation graphique des variables dans le plan F1 - F2

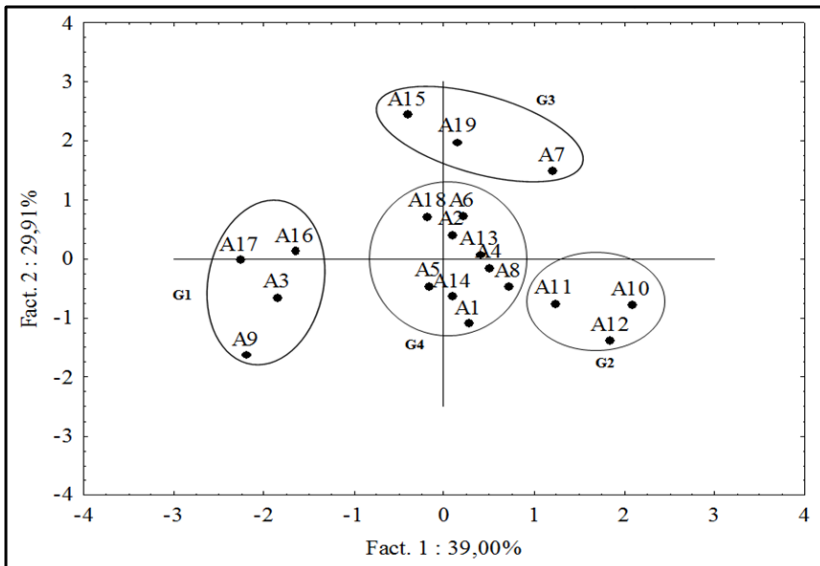


Figure 6 : Projection des individus dans le plan F1 - F2

3.4. Niveau de pollution organique

Les valeurs de l'indice de pollution organique évoluent de 2,75 à 3,25 en saison sèche. L'intensité de la pollution varie de modérée à forte. Les fortes pollutions organiques se localisent à l'entrée de la baie et aussi dans le chenal principal. Par contre le bras secondaire est modérément pollué (Figure 7). Pendant la saison des pluies, les valeurs de l'IPO oscillent également entre 2,75 et 3,25. La baie est modérément polluée à fortement polluée. La partie Ouest de la baie enregistre les plus fortes intensités de pollution organique. Cette zone est fortement polluée. La zone de séparation des deux bras, la zone Est du chenal principal ainsi que l'extrémité Est du bras secondaire sont modérément polluées (Figure 8).

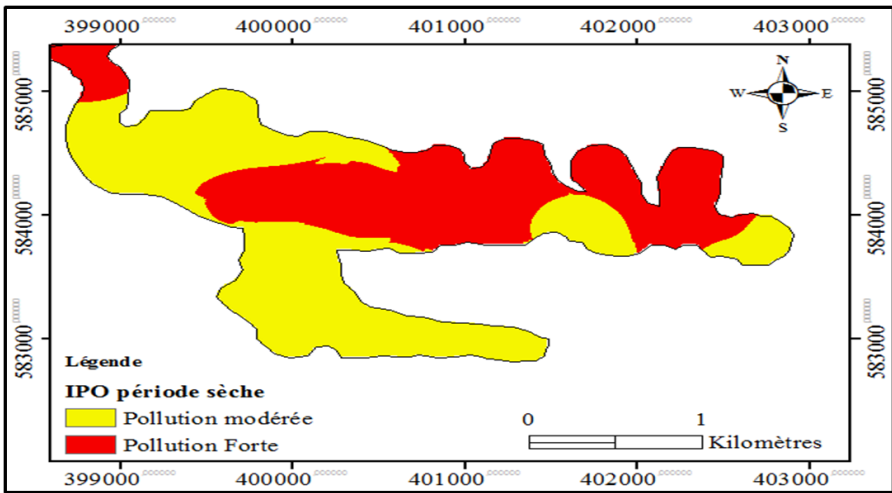


Figure 7 : Evolution de l'IPO dans la baie d'Abouabou en saison sèche

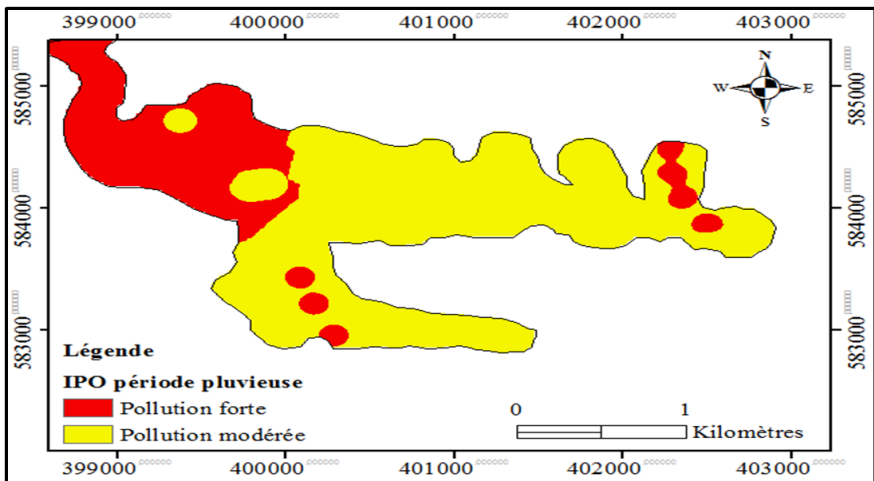


Figure 8 : Variation de l'IPO dans la baie d'Abouabou en saison des pluies

DISCUSSION

Les teneurs en ammonium dans cette étude varient entre 0,007 mg/L et 0,13 mg/L en saison de pluie et entre 0,01 et 0,11 mg/L en saison sèche. Les moyennes respectives sont de 0,04 mg/L et de 0,05 mg/L. Les travaux de YAO (2011) montrent que les eaux de la baie de Tiabga ont des teneurs en ammonium qui oscillent de 0,08 à 0,2 mg/L en saison de pluie, avec une moyenne de 0,14 mg/L et de 0,05 à 0,13 mg/L en saison sèche, avec une moyenne de 0,11 mg/L. Les valeurs moyennes en ammonium des deux saisons dans la baie de Tiabga sont supérieures à celles de la baie d'Abouabou. Cela s'expliquerait par la forte intensité des activités agricoles autour de la baie de Tiabga par rapport à celle d'Abouabou.

La teneur moyenne de l'ammonium en saison sèche est supérieure à celle de la saison de pluie dans la baie d'Abouabou. Par contre dans la baie de Tiabga, la valeur moyenne en saison de pluie est supérieure à celle de la saison sèche. La teneur moyenne élevée en ammonium observée en saison sèche dans la baie d'Abouabou s'expliquerait par l'entrée d'eaux marines riche en éléments nutritifs dans la lagune Ebrié en cette période de maximum upwelling (INZA et al., 2009). La forte teneur moyenne observée dans la baie de Tiabga en saison pluvieuse serait due à un apport en ammonium par les eaux de ruissellement et l'érosion des terres agricoles du bassin versant.

Les teneurs moyennes de la DBO_5 dans la baie d'Abouabou sont de 27,63 mg/L en saison sèche et de 30,53 mg/L en saison pluvieuse. Dans la baie des milliardaires, les travaux de INZA *et al* (2011) ont trouvé des valeurs moyennes de 90 mg/L en saison sèche et 61,2 mg/L en saison pluvieuse. La forte teneur moyenne s'observe pendant la saison pluvieuse dans la baie d'Abouabou, par contre dans la baie des Milliardaires, la teneur moyenne la plus élevée est observée en saison sèche. La dégradation des matières apportées pendant la saison pluvieuse serait responsable de la forte teneur en DBO_5 pendant la période pluvieuse dans la baie d'Abouabou. Dans la baie de milliardaires, la proximité des sources d'apport de matière organique accumulée serait responsable de la forte teneur moyenne de la DBO_5 en saison sèche.

CONCLUSION

Malgré les travaux réalisés dans la baie d'Abouabou, le niveau de pollution organique de ces eaux n'était pas connu. Cette étude donc a permis de connaître l'évolution des paramètres tels que l'ammonium, le nitrite, le phosphate et la demande biochimique en oxygène et

d'évaluer le niveau de pollution organique des eaux de cette baie. Les échantillons d'eau qui ont permis de connaître les concentrations des éléments chimiques tels que la DBO₅, les nitrites, les phosphates et l'ammonium ont été prélevés au niveau de 19 stations. Ces stations ont été visitées pendant les saisons sèche et pluvieuse. Les concentrations moyennes obtenues pendant ces deux saisons sont respectivement 0,05 et 0,04 mg/L pour l'ammonium, 0,01 et 0,014 mg/L pour les nitrites, 3,65 et 0,7 mg/L pour les phosphates et 27,63 et 35,85 mg/L pour la DBO₅. L'analyse statistique ne montre aucune bonne corrélation entre les éléments.

Les valeurs des indices évoluent entre 2,5 et 3,25 pendant les deux saisons. Cela équivaut à une pollution organique d'intensité variant entre une pollution organique modérée à forte.

Vue la détérioration de la qualité de ce plan d'eau, qui auparavant servait de référence de site moins pollué, il semble nécessaire de prendre des mesures pour le préserver d'une dégradation sévère.

REFERENCES

- AFFIAN K., DJAGOUA E.V., KOUAMÉ F.K., GIOAN P. et BÉMI J.** 2002. Étude par télédétection aéroportée d'un environnement lagunaire en zone tropicale : cas de la lagune Ébrié en Côte d'Ivoire. *Télédétection*, vol. 2, n° 4, pp 233-242
- AFFIAN K.**, 2003. Approche Environnementale d'un écosystème lagunaire Microtidal (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire), par des études Géochimiques, Bathymétriques et Hydrogéologique : contribution du SIG et de la Télédétection, Thèse de Doctorat d'état, Univ. Cocody, Abidjan, 216p
- AFNOR (Association Française de Normalisation)**, 2001. Qualité de l'eau, éléments majeurs-autre éléments et composés minéraux. Aubenas Ardèche, 6^{ème} Edition. 635p
- AMANI E. M. E.**, 2012. Essais de modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau et de la dispersion saline dans un environnement côtier peu profond: la lagune Digboué (San-Pedro, Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat Univ. Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 169p
- INZA B., METONGO B.S., ASSOI O.E., TROKOUREY A. et YOBOU B.** 2009. Caractérisation physico-chimique des eaux et des sédiments de surface de la baie des milliardaires, lagune ébrié, Cote d'Ivoire Rev. Ivoir. Sci. Technol., 13 pp139 - 154.
- KOUASSI N.L.B.** 2014. Contribution à l'étude de la distribution, de la mobilité et de la toxicité potentielle des métaux cuivre, zinc et cadmium dans les sédiments d'un estuaire tropical (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Houphouët-Boigny, 124p.
- LECLERCQ L.**, 2001. Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station scientifique des Hautes-Fagnes, rue de Botrange, 137-4950, Robertville, Belgique. www.inforef.be/projets.

- LECLERCQ L. et MAQUET B.**, 1987. Deux nouveaux indices chimiques et diatomiques de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents (bassin de la Meuse Belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg., Document de travail 38, 113p
- MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A. et VAN. C. M.**, 2011. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Larh. J., N° 09, pp149-169
- MONDE S.**, 2004. Etude et modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'état ès Sc., Univ. Cocody (Abidjan), 324p
- OMS (Organisation mondiale pour la Santé)**, 2011. Guidelines for drinking-water quality. Recommandations, Fourth edition, 442p. Disponible sur <http://www.who.int/>. Consulté le 26/8/2016
- PAGANO M.** 1988. Importance et rôle du zooplancton dans une lagune tropicale, la lagune Ebrié (Cote d'Ivoire): peuplements, biomasse, production et bilan métabolique. Thèse de Doctorat, Univ. d'AIX-MARSEILLE II, 380p
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., REBOUILLON P., MOULIN L., CHOMODE P., DUJARDIN P., GOSSELIN., SEUX R. et MARDINI A. F.**, 2009. L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Entièrement mise à jour. Dunod, 1511p
- VARLET F.**, 1978. Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) : Traits physiques essentiels, O.R.S.T.O.M. Paris, travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., N° 83, 162p
- WANGO T.E., TOURE M. et N'GUESSAN Y.M.**, 2015. Bathymétrie d'une baie lagunaire et son incidence sur la répartition des métaux lourds : cas de la baie d'Abouabou en lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE, Vol. 11, N°3, pp37- 44
- YAO M. K.**, 2011. Evaluation et modélisation de l'eutrophisation dans une baie lagunaire tropicale apparentée lacustre cas de la baie lagunaire de Tiagba (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Univ. Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 157p