

Bathymétrie et évolution saisonnière des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-}) de la lagune de Mondoukou dans l'estuaire du fleuve Comoé, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

**Christopher Abraham GOUIN^{1*}, Bernard ADIAFFI², Natchia AKA³,
Barthelemy Siaka BAMBA³ et Nagnin SORO²**

¹ *Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo (UPGC), Institut de Gestion en Agropastorale (IGA),
BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire*

² *Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (UFHB), UFR-Sciences de la Terre et des Ressources Minières
(STRM), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE),
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

³ *Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BPV 18 Abidjan, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : gouinabraham@live.fr

Résumé

La lagune Mondoukou constitue une zone de pêche pour les populations environnantes et attire de nombreuses activités touristiques en raison des complexes hôteliers situés sur la berge. Au-delà de son appartenance au système lagunaire Ebrié, elle fait partie intégrante de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam. Elle est également moins étudiée au plan hydrochimique contrairement aux autres lagunes. Les sels nutritifs et les paramètres physico-chimiques sont considérés comme des facteurs qui gouvernent la croissance des végétaux aquatiques envahissants d'où la nécessité de les quantifier afin d'évaluer l'état trophique des eaux de ladite lagune. L'objectif de cette étude est de connaître l'évolution saisonnière de sels nutritifs (orthophosphates, ammoniums, nitrates et nitrites) et des paramètres physico-chimiques (température, pH, oxygène dissous, conductivité électrique, turbidité) des eaux de la lagune Mondoukou. Vingt-quatre (24) échantillons d'eau ont été prélevés et analysés à l'aide du spectromètre HACH DR 2400. L'échantillonnage a été réalisé sur deux saisons : la saison de crue et la saison sèche. L'étude révèle que la température est relativement élevée en saison sèche ($33,8^\circ\text{C}$) et relativement faible en saison de crue ($30,9^\circ\text{C}$). Le pH des eaux est neutre en saison de crue (7,2) et basique en saison sèche (8), traduisant l'influence des eaux marines. Le taux d'oxygène dissous (OD) présente une évolution saisonnière : les eaux sont pauvres en OD en saison sèche et enrichies en saison de crue. Cet appauvrissement des eaux en OD en saison sèche pourrait s'expliquer par l'importance de l'activité microbiologique dans les eaux. La conductivité électrique et la turbidité présentent une évolution similaire. Elles ont des valeurs relativement élevées en saison sèche et des valeurs relativement faibles en saison de crue. L'étude révèle une augmentation des concentrations en NO_2^- et en PO_4^{3-} en saison de crue et une baisse de celles-ci en saison sèche. Cette tendance est inversement observée sur la concentration en NH_4^+ , tandis qu'aucune variation saisonnière n'est décelée sur la concentration en NO_3^- des eaux lagunaires étudiées.

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

Abstract

Bathymetry and nutrients (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-}) change of Mondoukou lagoon in the estuary of Comoe river (South-East Ivory Coast)

Mondoukou lagoon is a fishing zone for the local population and attracts many tourist activities due to the presence of hotel complexes on the bank. Beyond its membership to Ebrie lagoon system, it is an integral part of the mouth of the Comoé lagoon located in Grand Bassam. It is hydrochemically less studied than the others. Nutrients and physicochemical parameters are considered as factors that govern the growth of invasive aquatic plants which explains the need to quantify these ones in order to assess the water trophic status of the lagoon. The aim of this study is to understand the seasonal evolution of nutrient (orthophosphate, ammonium, nitrate and nitrite) and physico-chemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, and turbidity) in this lagoon. Twenty-four (24) water samples were collected and analyzed using the spectrometer HACH DR 2400. The sample were made on two seasons: the flood season and dry season. It is shown that the temperature is relatively high during dry season (33.8°C) and relatively low during flood season (30.9°C). The pH of the water is neutral during flood season (7.2) and basic during dry season (8), which reflects the influence of seawater. The level of dissolved oxygen (DO) has a seasonal trend. The DO content in waters is low during the dry season and high during flood season. This depletion in DO content during dry season is explained by the high microbiological activities in water. Electrical conductivity and turbidity exhibit similar trend. They have relatively high values during dry season and relatively low values during flood season. This study shows increased in content of NO_2^- and PO_4^{3-} during flood season and a decreased during dry season. This trend is inversely observed through NH_4^+ content while none seasonal change is observed on NO_3^- concentrations in the studied lagoon.

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

1. Introduction

Les estuaires sont des embouchures qui montrent la pénétration du milieu marin dans le milieu continental. Il s'agit généralement de la partie la plus basse du cours d'eau ancien d'un fleuve qui a été envahie par la mer [1]. L'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam, zone de rencontre entre l'océan Atlantique, la lagune Ebrié et le fleuve, est le siège d'un dynamisme hydro-sédimentaire un peu plus poussée [2]. En effet, l'ouverture du canal artificiel de Vridi en 1951, a occasionné un déficit hydrique à l'embouchure du fleuve Comoé car un important volume des eaux de ce fleuve entre dans le canal de Vridi via la lagune Ebrié [3]. La réduction significative des débits fluviaux pendant l'étiage, notamment ces dernières décennies du fait de l'influence des fluctuations climatiques, a favorisé les phénomènes de sédimentation [4]. Ceci a occasionné la naissance d'un banc de sable qui rompt le contact naturel entre le fleuve et l'océan [5]. La conséquence, est la modification significative des paramètres physico-chimiques, le développement rapide des plantes aquatiques sur le fleuve [6]. Aussi, la gestion durable et efficace de cet espace passe-t-elle par une bonne connaissance du milieu physique, en particulier des phénomènes qui caractérisent, leurs manifestations, leurs durées, leurs conséquences sur le milieu physique et biologique. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif principal d'étudier l'hydrochimie de la lagune Mondoukou sur deux saisons afin de comprendre son évolution saisonnière en sels nutritifs. Elle est basée sur l'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux (température, pH, oxygène dissous, conductivité électrique et turbidité) et les paramètres chimiques (orthophosphates, ammoniums, nitrates et nitrites) pendant deux saisons (saisons de crue et saison sèche).

2. Matériel et méthodes

2-1. Localisation de la zone d'étude

La lagune Mondoukou est située sur la rive Est de l'embouchure du fleuve Comoé et s'étend sur une longueur d'environ 4 Km. Elle se situe entre 5° 12' et 5° 14' de latitude Nord entre 3° 42' et 3° 44' de longitude Ouest (*Figure 1*). Elle communique avec l'océan Atlantique par l'embouchure qui reste pratiquement fermée. La lagune Mondoukou est peu connue et peu étudiée sur le plan de la qualité physico-chimique.

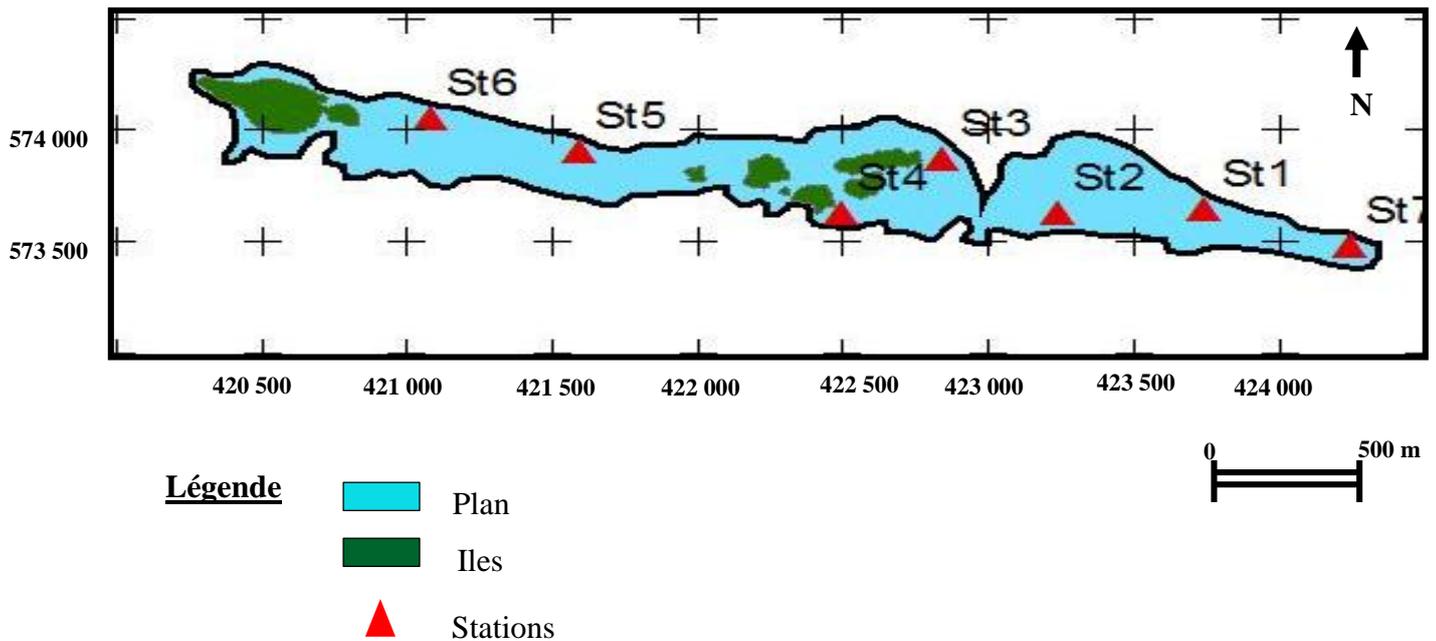


Figure 1 : Localisation des 7 stations de mesure et d'échantillonnage sur la lagune Mondoukou

2-2. Matériel d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire

Les échantillons d'eaux prélevées, ont été conservés à basse température ($T^{\circ} \leq 4^{\circ}C$) et à l'obscurité dans une glacière pour être analysés au laboratoire. Le pH, la température, et la turbidité ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multi-paramètre de type HACH HQ 40d. La conductivité électrique a été mesurée *in situ* à l'aide d'un conductimètre de type HANNA HI 99301 et quand à l'oxygène dissous ; il a été mesuré *in situ* à l'aide d'un oxymètre de type HANNA HI 9146. Le dosage au laboratoire des nitrates, nitrites, ammonium et les ortho-phosphates a été réalisé à l'aide d'un spectromètre UV/visible de la marque HACH DR 2400. Les réactifs et les méthodes utilisés pour le dosage de chaque élément sont décrits dans le protocole HACH DR 2400. Des levés bathymétriques ont été effectués à l'aide de l'échosondeur Lowrance, LMS-160. Le levé bathymétrique a consisté à mesurer les différentes profondeurs de la colonne d'eau sur l'ensemble de la surface de la lagune Mondoukou.

2-3. Méthodes d'échantillonnage

Nos prélèvements d'eau (1000 mL) destinés aux analyses des sels nutritifs ont été effectués sur sept stations (*Figure 1*) pendant la saison des crues et la saison sèche. A chaque station, ont été prélevés trois échantillons d'eau à l'aide d'une bouteille de Niskin. « A » pour les échantillons pris en surface (le plan d'eau) ; « B » pour les échantillons pris au milieu de la colonne d'eau (2 m de profondeur) et « C » pour les échantillons pris en profondeur (4 m de profondeur) à l'interface eau/sédiment.

2-4. Méthodes d'étude

La carte bathymétrique de la lagune Mondoukou a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGis 10.2, sur la base d'images satellitaires obtenues sur GoogleEarth et des levés bathymétriques effectués à cet effet. Une zone de « masque » a été définie autour de la zone d'étude de sorte à opérer les interpolations que sur les points circonscrits à l'intérieur de cette zone. La méthode d'interpolation retenue est l'IDW (Inverse Distance Weighting). Cette méthode s'appuie sur les trois points les plus proches, au sein de la zone délimitée. Le pas d'espace retenu en x et y est de 50 m.

3. Résultats

3-1. Carte bathymétrique

L'examen détaillé de la bathymétrie de la lagune Mondoukou fait apparaître une morphologie de fond relativement simple (*Figure 2*). L'échelle des couleurs met en évidence deux grandes zones de profondeurs (zones de couleur jaune) comprises entre 2 et 3 m et le chenal principal de la lagune de direction ONO-ESE. Au voisinage de l'embouchure, l'organisation générale de la morphologie du fond montre une zone peu profonde comprise entre 0 et 1 m. Les profondeurs les plus élevées (entre 3 et 5 m) s'observent notamment dans la zone au voisinage de l'embouchure.

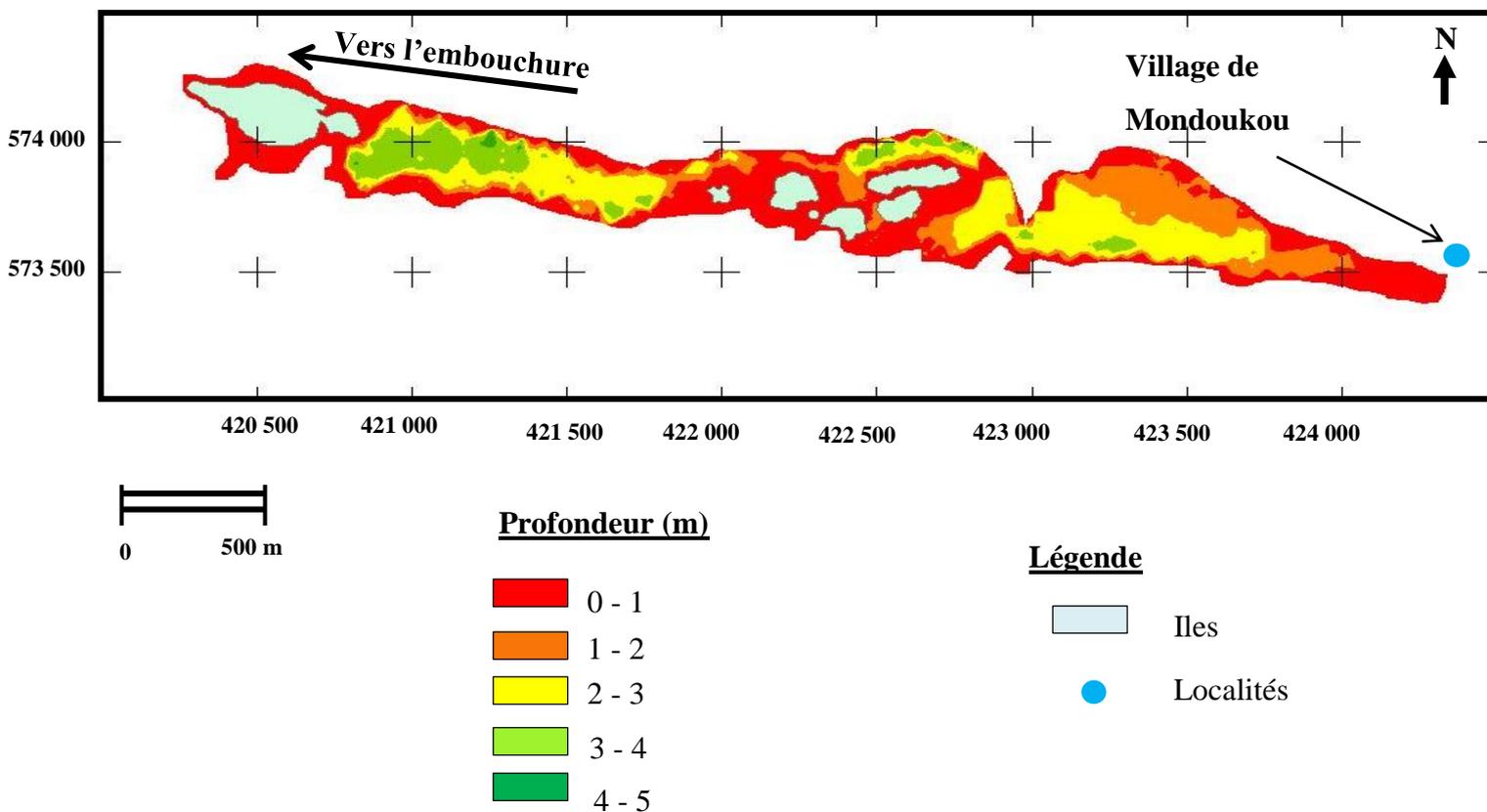


Figure 2 : Carte bathymétrique de la lagune Mondoukou (Octobre 2014)

3-2. Paramètres physico-chimiques

3-2-1. Température

La température des eaux varie en saison de crue entre 27,3°C et 33,5°C avec une valeur moyenne de 30,4°C (écart-type = 1,2). En saison sèche, elle varie entre 32,5°C et 34,8°C avec une moyenne de 33,8°C (écart-type = 0,6). La température maximale s'observe aux stations 5B et 5C en saison sèche et la température minimale à la station 2A en saison de crue. Les températures sont plus élevées en saison sèche qu'en saison de crue. Les coefficients de variation sont en général faibles (CV < 4 %) (Figure 3a).

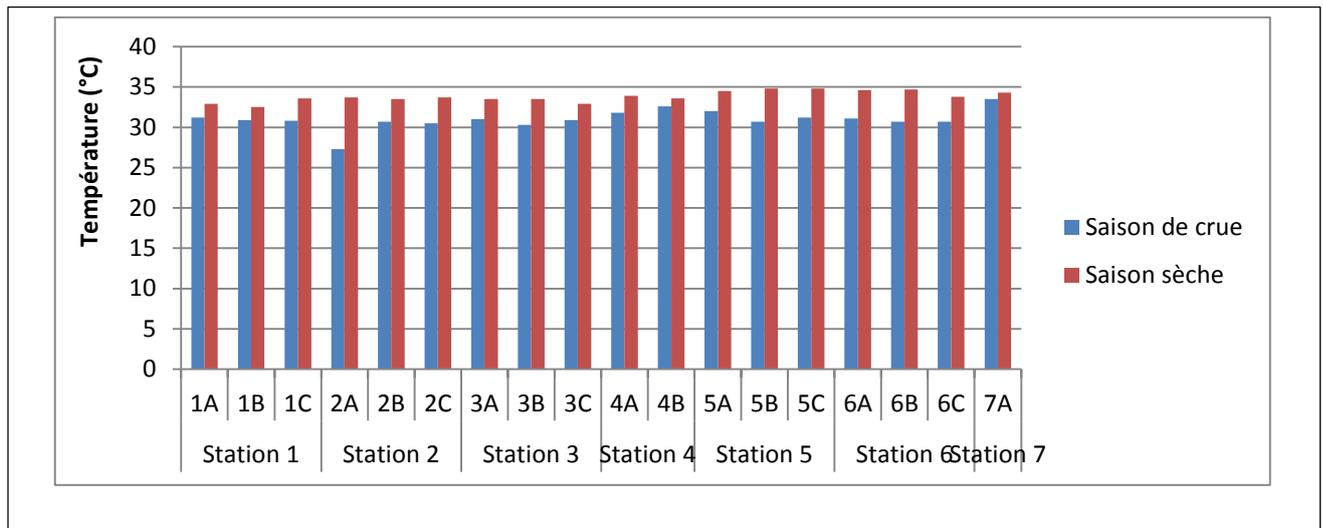


Figure 3a : Evolution saisonnière de la température des eaux de la lagune Mondoukou

3-2-2. pH

Le pH des eaux varie entre 6,5 et 7,9 avec une moyenne de 7,2 (écart-type = 0,4) en saison de crue. En saison sèche, il varie entre 7,6 et 9,1 avec une moyenne de 8 (écart-type = 0,3). La valeur maximale du pH s'observe à la station 7A en saison sèche et la valeur minimale à la station 2A en saison de crue. Le pH est plus élevé en saison sèche qu'en saison de crue. Les coefficients de variation sont généralement faibles (CV < 7 %) (Figure 3b).

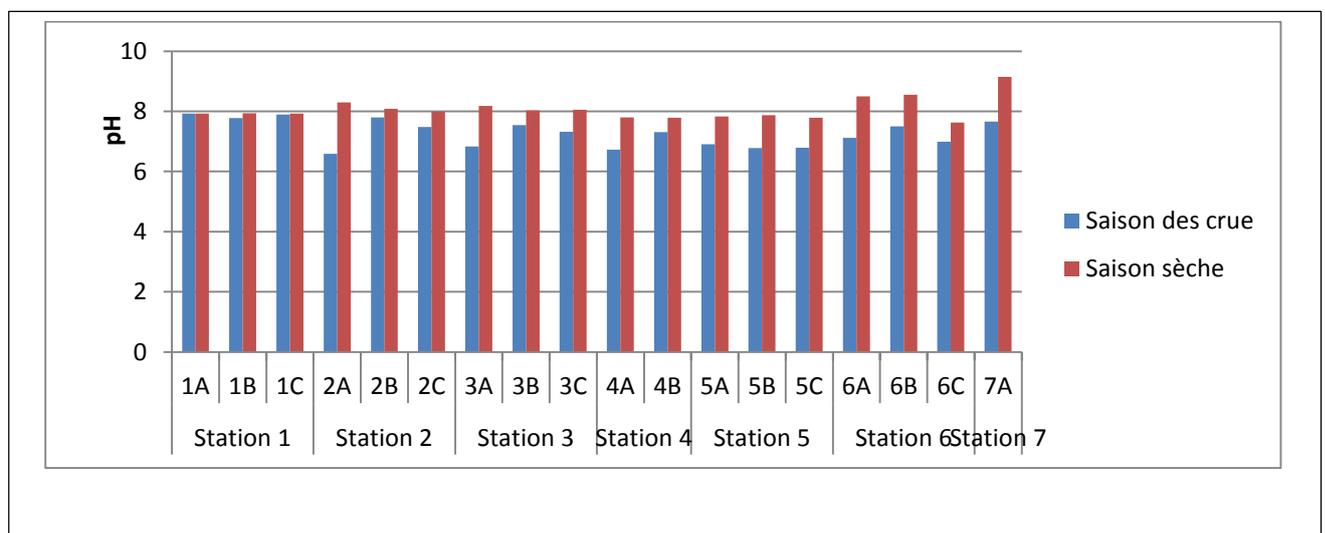


Figure 3b : Evolution saisonnière du pH des eaux de la lagune Mondoukou

3-2-3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) des eaux de la lagune Mondoukou varie entre $14,6 \text{ mS.cm}^{-1}$ et $40,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ avec une moyenne de $17,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ (écart-type = 5,7) en saison de crue. En saison sèche, elle varie entre $27,4 \text{ mS.cm}^{-1}$ et 30 mS.cm^{-1} avec une moyenne de 29 mS.cm^{-1} (écart-type = 0,6). Les valeurs, maximale et minimale de la CE s'observent respectivement à la station 6C et à la station 5A en saison de crue. Les valeurs de la CE sont élevées en saison sèche et relativement faibles en saison de crue sauf à la station 6C. Le coefficient de variation est élevé en saison de crue ($CV = 33 \%$) et faible ($CV = 4 \%$) en saison sèche (**Figure 3c**).

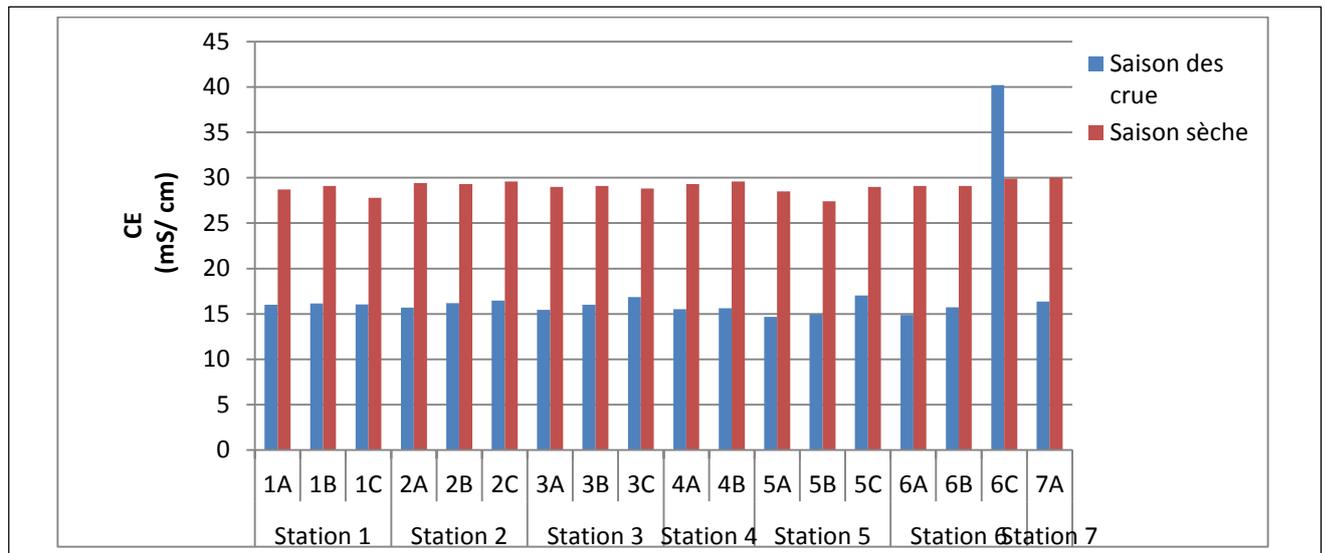


Figure 3c : Evolution saisonnière de la CE des eaux de la lagune Mondoukou

3-2-4. Oxygène dissous

Les valeurs de la teneur en oxygène dissous (OD) des eaux de la lagune Mondoukou varient entre $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ et $7,8 \text{ mg.L}^{-1}$ avec une moyenne de $5,9 \text{ mg.L}^{-1}$ (écart-type = 1,2) en saison de crue. En saison sèche, elles varient entre $1,1 \text{ mg.L}^{-1}$ et $6,5 \text{ mg.L}^{-1}$ avec une moyenne de $5,2 \text{ mg.L}^{-1}$ (écart-type = 1,1). Les teneurs en OD sont élevées en saison de crue et relativement faibles en saison sèche sauf aux stations 3A, 3C, 4A et 7A. Les coefficients de variation sont dans l'ensemble élevés, ils sont de 21 % et 22 % respectivement pendant les saisons de crue et sèche (**Figure 3d**).

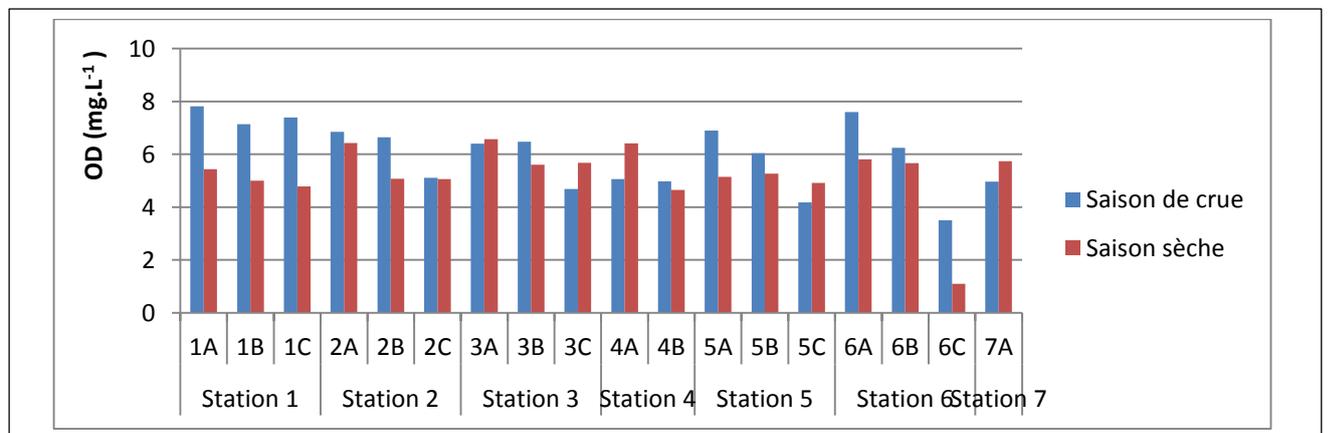


Figure 3d : Evolution saisonnière de la teneur en OD des eaux de la lagune Mondoukou

3-2-5. Turbidité

La turbidité des eaux de la lagune Mondoukou varie entre 0,5 NTU et 6,2 NTU avec une moyenne de 1,6 NTU (écart-type = 1,6) en saison de crue. En saison sèche, elle varie entre 1,1 NTU et 4 NTU avec une moyenne de 1,9 NTU (écart-type = 0,8). Les valeurs de la turbidité sont élevées en saison sèche et relativement faibles en saison de crue sauf aux stations 5A, 5B, 6B, 6C et 7A. Les coefficients de variation sont dans l'ensemble élevés, ils sont de 100 % et de 41 % respectivement pendant les saisons de crue et sèche (**Figure 3e**).

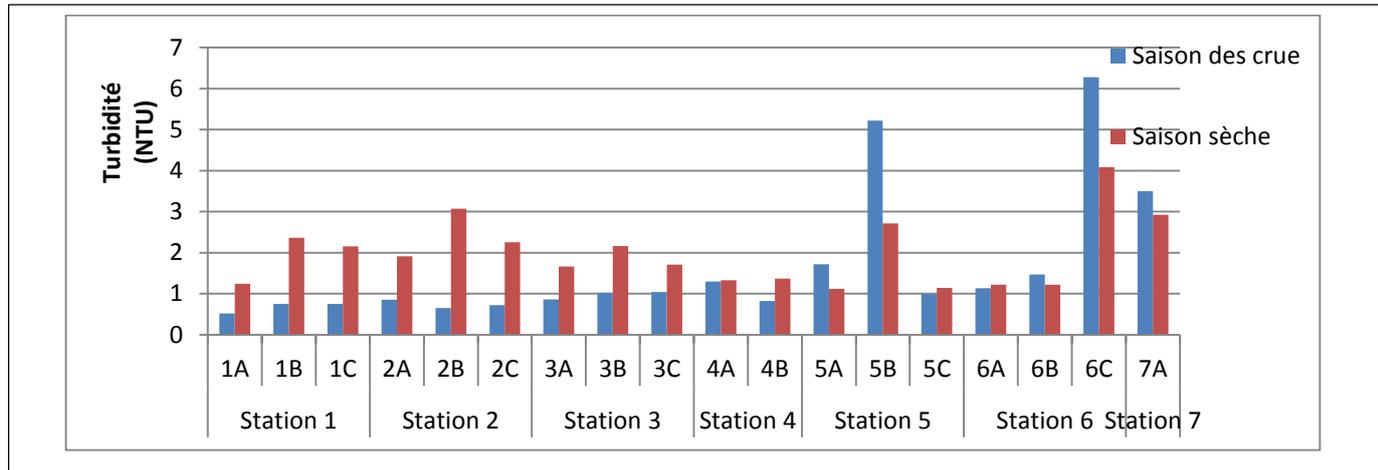


Figure 3e : Evolution saisonnière de la turbidité des eaux de la lagune Mondoukou

3-3. Sels nutritifs

3-3-1. Ammonium (NH_4^+)

Les teneurs en ammonium des eaux de la lagune Mondoukou varient entre 20 $\mu g.L^{-1}$ et 580 $\mu g.L^{-1}$ avec une moyenne de 107 $\mu g.L^{-1}$ (écart-type = 125,5) en saison de crue. En saison sèche, elles varient entre 2840 $\mu g.L^{-1}$ et 7820 $\mu g.L^{-1}$ avec une moyenne de 5402 $\mu g.L^{-1}$ (écart-type = 1637,2). Les teneurs en ammonium sont relativement élevées en saison sèche et relativement très faibles en saison de crue. Les coefficients de variation sont de 116,5 % et de 30 % respectivement en saison de crue et en saison sèche (**Figure 4a**).

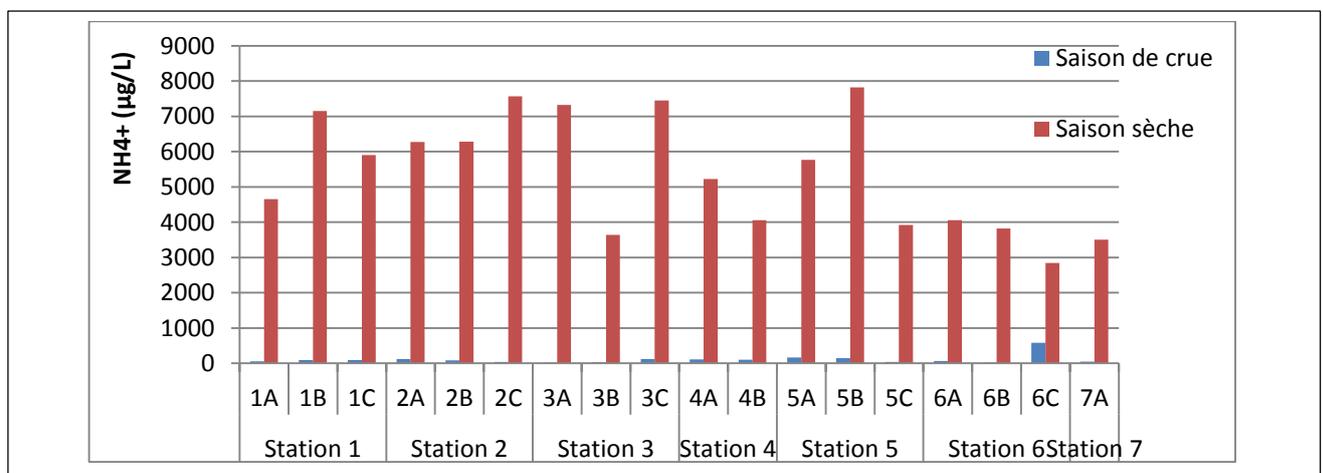


Figure 4a : Evolution saisonnière de la teneur en ammonium des eaux de la lagune Mondoukou

3-3-2. Nitrates (NO_3^-)

En saison de crue, les teneurs en nitrates des eaux de la lagune Mondoukou varient entre $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $7300 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $2170,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $2133,1$). En saison sèche elles varient entre $0 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $8000 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $2739 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $2555,4$). Les teneurs en nitrates sont élevées en saison sèche et relativement faibles en saison de crue, sauf aux stations 2A, 2C et 4B. Elles sont nulles pendant la saison sèche aux stations 1C, 2B, 4A, 5A, 5B et 6A. Les coefficients de variation sont de 98 % et de 93 % respectivement en saison de crue et en saison sèche (**Figure 4b**).

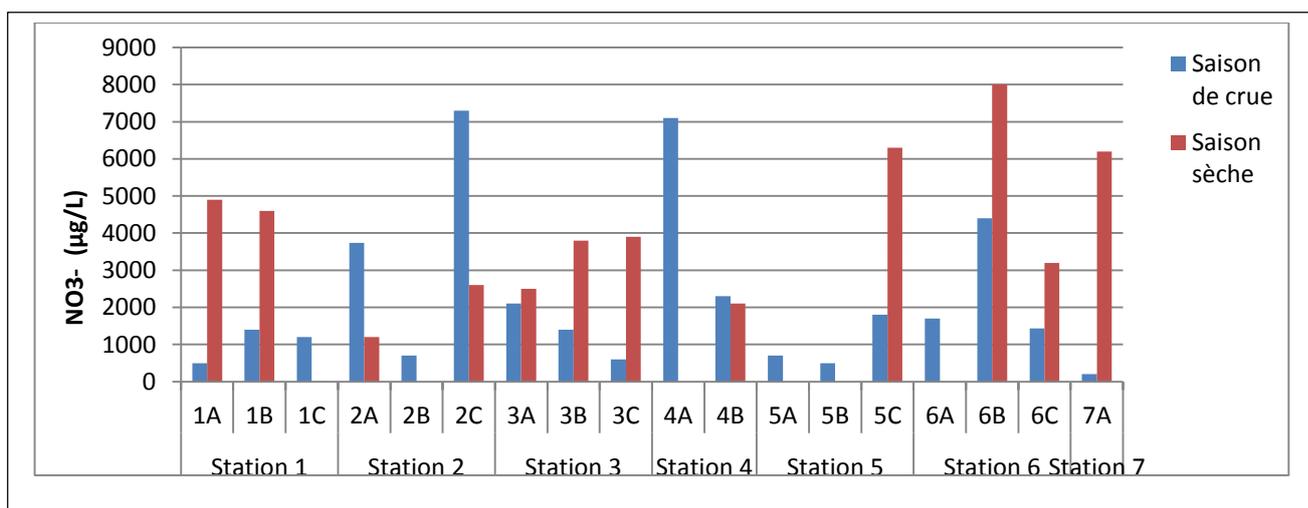


Figure 4b : Evolution saisonnière de la teneur en nitrate des eaux de la lagune Mondoukou

3-3-3. Nitrites (NO_2^-)

Les teneurs en nitrites des eaux de la lagune Mondoukou varient en saison de crue entre $13 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $85 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $42,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $21,7$). En saison sèche, elles varient entre $9 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $44 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $21,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $9,9$). Les teneurs en nitrite sont élevées en saison de crue et relativement faibles en saison sèche, excepté la station 7A. Les coefficients de variation sont de 51 % et de 47 % respectivement en saison de crue et en saison sèche (**Figure 4c**).

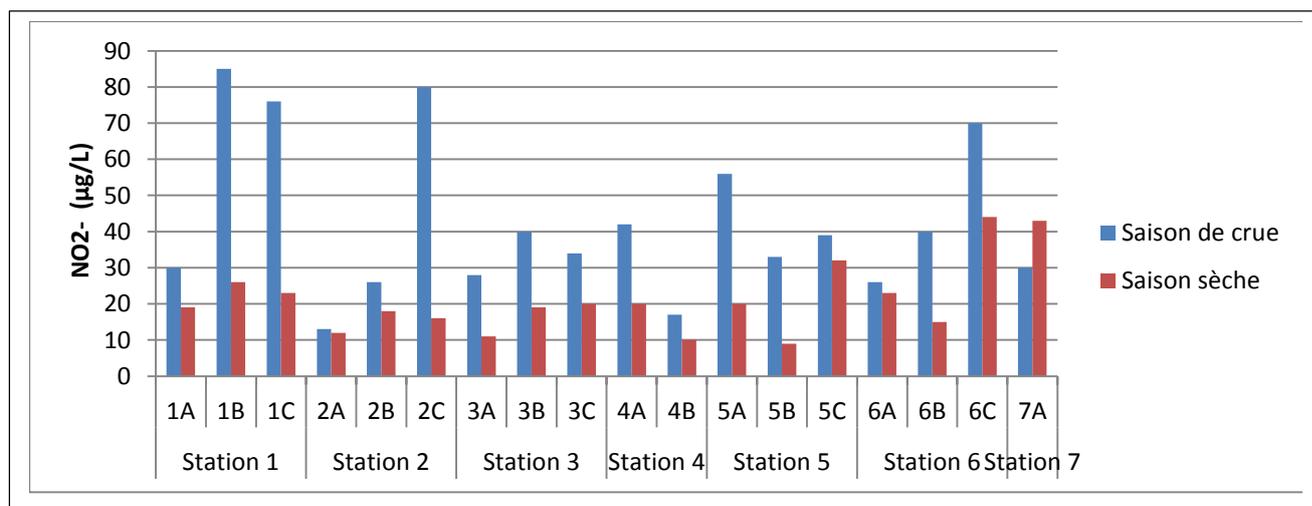


Figure 4c : Evolution saisonnière de la teneur en nitrite des eaux de la lagune Mondoukou

3-3-4. Phosphate (PO_4^{3-})

Les teneurs en phosphate des eaux de la lagune Mondoukou varient entre $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $5800 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $960,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $1458,3$) en saison de crue. En saison sèche, elles varient entre $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $710 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec une moyenne de $180 \mu\text{g.L}^{-1}$ (écart-type = $184,5$). Les teneurs en phosphate sont élevées en saison de crue et relativement faibles en saison sèche. Les coefficients de variation sont de 152 % et 102 % respectivement en saison de crue et en saison sèche (**Figure 4d**).

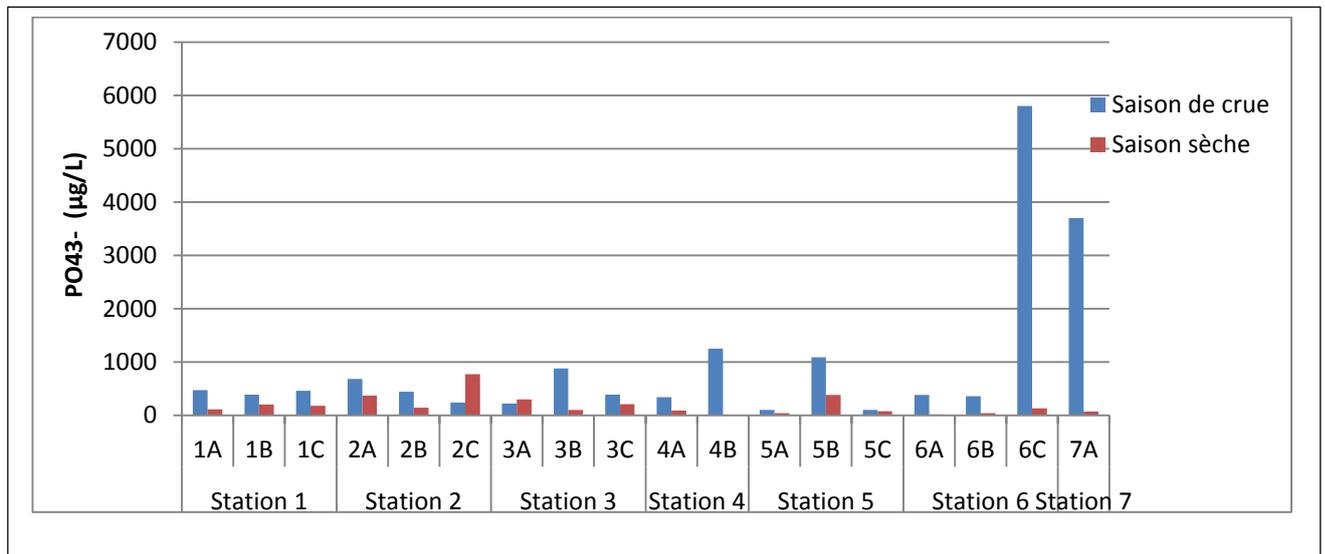


Figure 4d : Evolution saisonnière de la teneur en phosphate des eaux de la lagune Mondoukou

4. Discussion

Les valeurs de la température sont du même ordre que celles trouvées par [7] (soit 28°C en saison de crue et $31,4^{\circ}\text{C}$ en saison sèche) et [2] (soit $30,4^{\circ}\text{C}$ en saison sèche) sur l'embouchure du fleuve Comoé. L'augmentation de la température des eaux de la lagune est une conséquence de l'augmentation de la température ambiante en saison sèche [8]. Les faibles valeurs du coefficient de variation de la température obtenues dans cette étude ($CV < 4\%$) traduisent une bonne homogénéité des mesures et par conséquent, une absence de variations thermiques importantes aux seins des eaux de la lagune. Cette tendance est identique à ceux obtenus par [9] (soit $CV < 7\%$) sur la lagune Ebrié et ceux obtenus par [10] sur le lac Nokoué au Bénin. La stabilité thermique des eaux de la lagune Mondoukou est un phénomène qui s'observe aussi sur les eaux du la lagune Fresco et sur les lagunes tropicales en générale [11]. Les valeurs moyennes du pH sont en conformité avec les recommandations de l'organisation mondiale pour la santé (OMS) c'est-à-dire situé entre 6,5 et 8,5. Ces valeurs du pH traduisent un environnement favorable au développement de la vie aquatique. Les coefficients de variation sont faibles ($CV < 7\%$) en général, traduisant l'absence de variations importantes du pH au sein des eaux de la lagune. Les eaux sont basiques en saison sèche avec une valeur maximale du pH 9. En saison de crue, le pH des eaux devient neutre. Les valeurs du pH observées sont du même ordre que : celles observées par [7] (soit $\text{pH} = 7,8$ en saison sèche) sur l'embouchure du fleuve Comoé ; celles observées par [11] sur la lagune Fresco ; et celles observées par [12] (soit des valeurs moyennes saisonnières qui se situent entre 7,1 et 8,3) sur la lagune Ebrié. La faible acidité des eaux laisse transparaitre l'influence des eaux marines généralement basiques par rapport à celles d'origine continentale [12].

Selon [13, 14], l'acidité des eaux continentales est relative à l'apport d'acides humiques provenant du lessivage des sols. Aussi, selon [15], le caractère basique des eaux de surface en saison sèche résulterait de l'évaporation et de l'influence des eaux océaniques. Les valeurs de la conductivité électrique observées sont comparables à celles obtenues par [12] (soit CE comprise entre 1,4 mS.cm⁻¹ et 13,7 mS.cm⁻¹) sur la lagune Ebrié et celles obtenues par [16] sur la lagune Ouladine. Les eaux de la lagune Mondoukou, sont généralement plus conductrices en saison sèche. La valeur maximale de la CE qui s'observe en saison de crue (40 mS.cm⁻¹ à la station 6C), pourrait s'expliquer par un phénomène d'intrusion marine à cette station. Selon [17], la conductivité est une autre variable clé, susceptible de rendre compte du phénomène d'intrusion marine. Les variations saisonnières de la conductivité électrique pourraient s'expliquer par les apports d'eaux de mer et d'eaux continentales. En saison sèche, la montée de la marée entraîne une augmentation importante des sels et des minéraux dissous (chlorures, sulfates, calcium) dans les eaux lagunaires [12]. La teneur moyenne en oxygènes dissous des eaux de la lagune Mondoukou est de 5,9 mg.L⁻¹ en saison de crue et de 5,2 mg.L⁻¹ en saison sèche. Ces valeurs sont comparables à celles obtenues par [7] (teneurs en oxygènes dissous généralement supérieures à 4 mg.L⁻¹) sur l'embouchure du fleuve Comoé, celles obtenues par [14] (teneurs comprises entre 6,4 et 5,7 mg.L⁻¹) sur la lagune Aby.

Les teneurs en oxygènes dissous sont généralement élevées en saison de crue. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'importance de l'activité microbologique dans les eaux en saison sèche. La teneur des eaux lagunaires en oxygènes dissous est directement liée à l'action des processus externe et interne au milieu [18]. La turbidité moyenne des eaux de la lagune Mondoukou est de 1,6 NTU en saison de crue et de 1,9 NTU en saison sèche. Les valeurs de la turbidité en saison sèche sont supérieures à celles obtenues en saison de crue, ce qui n'est pas en accord avec les travaux de [7] sur l'embouchure du fleuve Comoé qui ; montre que les eaux sont plus chargées en matière en suspension en saison de crue qu'en saison sèche. Cette différence pourrait être liée soit à l'hydrodynamisme, soit aux caractéristiques de la zone d'étude mais également à la pression anthropique autour de la lagune [13]. Le constat montre une augmentation de la température et des valeurs de turbidité des eaux en saison sèche ; ce qui pourrait s'expliquer par une forte activité aquatique. En effet, la turbidité côtière est fortement dépendante de la nature du fond, de la production phytoplanctonique et des conditions d'agitation [19]. D'une manière générale, les teneurs moyennes en NO₂⁻ et PO₄³⁻ sont élevées et respectivement de 42,5 µg.L⁻¹ et de 960,5 µg.L⁻¹ en saison de crue.

A l'opposé, les teneurs moyennes en NO₂⁻ et PO₄³⁻ sont faibles et respectivement de 21,1 µg.L⁻¹ et de 180 µg.L⁻¹ en saison sèche. Nos résultats sont conformes à ceux de [16] sur la lagune Ouladine, ceux de [9] sur la lagune Ebrié et ceux de [20]. Ces auteurs ont observé des valeurs en sels nutritifs relativement élevées en saison de crue et faibles en saison sèche. La baisse de la teneur en phosphate en saison sèche serait due à une forte activité dans le milieu qui se traduirait par une assimilation du phytoplancton [21]. Toujours en saison sèche, l'augmentation de la température active sans doute la dégradation bactérienne de la matière organique [22, 23], ce qui entraîne une diminution des teneurs en phosphates. Les teneurs élevées de NO₂⁻ et PO₄³⁻ en saison de crue peuvent être attribuées en l'apport du fleuve Comoé [16]. La teneur moyenne en NH₄⁺ élevée en saison sèche (5402,2 µg.L⁻¹) et relativement très faible en saison de crue (107,7 µg.L⁻¹), permet de dégager une tendance saisonnière dans la variation des concentrations des sels nutritifs dans les eaux de la lagune Mondoukou contrairement à la teneur en NO₃⁻ qui est en moyenne la même sur les deux saisons. Les teneurs en NO₃⁻ (2170,5 µg.L⁻¹ en saison de crue et 2738,9 µg.L⁻¹ en saison sèche) montrent que les eaux de la lagune Mondoukou sont plus riches en NO₃⁻ que les eaux du grau de Grand-Bassam comme l'on montré les travaux de [16], (162,8 à 613,1 µg.L⁻¹ ;). La baisse de la teneur en NH₄⁺ en saison de crue, serait due à une forte activité bactérienne. En effet, en saison de crue les eaux sont normalement oxygénées ce qui se traduit par une augmentation du taux d'oxygène dissous.

Selon [24], cette forte oxygénation va induire une augmentation de l'activité des bactéries nitrifiantes, qui vont participer à la baisse de la teneur en ammonium dans le milieu. 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 Mondoukou. Les valeurs moyennes en sels nutritifs observées sur tout le plan d'eau lagunaire de Mondoukou montre que les eaux de cette lagune, comme celles des lagunes tropicales, sont eutrophes.

5. Conclusion

L'analyse des paramètres physico-chimiques et chimiques des eaux de la lagune Mondoukou a permis de dégager au niveau des NO_2^- et PO_4^{3-} , une tendance saisonnière traduisant une augmentation de la teneur desdits sels nutritifs en saison de crue et une baisse relative en saison sèche. Par contre, cette tendance est inversée sur la teneur en NH_4^+ . Aucune tendance saisonnière ne se dégage sur l'évolution de la teneur en NO_3^- dans les eaux lagunaires. Les teneurs en sels nutritifs des eaux de la lagune Mondoukou caractérisent un environnement eutrophe, dû aux apports d'eaux continentales importantes, de la remise en suspension des sédiments et des apports anthropiques d'effluents domestiques et agricoles. Cette étude a donné des résultats certes intéressants mais méritent d'être complétés par d'autres investigations notamment une étude des paramètres chimique de pollution, les métaux lourds, les pesticides ainsi qu'une étude bactérienne. Ces travaux permettront de disposer d'une base de données pour un suivi de la qualité physico-chimique et bactérienne des eaux de la lagune Mondoukou.

Références

- [1] - J. DE COURT et J. PAQUET, Géologie Objet et Méthodes 11ème édition. Dunod, (2002) p 279.
- [2] - L. K. ADOPO. Caractérisation du fonctionnement hydrosédimentaire d'un environnement estuarien en zone tropicale : cas de l'embouchure du fleuve Comoé à grand-Bassam (Sud-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doc. 3ème cycle, Univ. Cocody, (2009) 179p.
- [3] - F. VARLET, Le régime de la lagune Ebrié (côte d'Ivoire), traits physiques essentiels. Travaux et Documents ORSTOM(83), (1978)164p.
- [4] - L. K. KOUASSI, Hydrologie, transport solide et modélisation de la sédimentation dans les lacs des barrages hydroélectriques de Côte d'Ivoire : Cas du lac de Taabo. Thèse de Doc. 3ème cycle, Univ. Abodo-Adjamé, (2007) 226p.
- [5] - K. KOFFI. et J. ABE, Contribution à l'étude des modifications hydro-sédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam. Journal Ivoirien d'Océanologie et Limnologie : Vol. 1, 2, (1991) pp. 47-60.
- [6] Y. SANKARE et N. ETIEN, Analyse des effets de l'ouverture du chenal de Grand-Bassam (estuaire du fleuve Comoé, Lagune Ebrié) sur la macrofaune benthique lagunaire. Journal Ivoirien d'Océanologie et Limnologie, 1 (2), (1991) pp. 81-90.
- [7] - N. K. KEUMEAN, Hydrogéochimie des métaux lourds et fonctionnement d'un grau dans le golfe de Guinée : cas de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doc. 3ème cycle, Univ. Cocody. (2013) 162 p.
- [8] - A. KANE, Les apports dissous d'origine continentale vers l'embouchure du fleuve Sénégal. Article de l'université Cheikh Anta Diop Dakar. (1998) 15p.

- [9] - A. M. KOUASSI, A. S. TIDOU, et A. KAMENAN, Caractéristiques hydrochimiques et Microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Cote d'Ivoire) Partie I : variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques. *Agronomie Africaine* 17 (2), (2005) pp. 117-136.
- [10] - H. TEXTIER, C. DOSSO et B. COLLEUIL, Le lac Nokoué, étude de l'environnement lagunaire du domaine margino-littoral sud béninois : bathymétrie, *Bull. Inst. Géol. Bass. Aquit., Bordeaux*, 28, (1980) pp.115-142.
- [11] - Y. ISSOLA, A. M. KOUASSI, B. K. DONGUI et J. BIEMI, Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale : lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *Afrique SCIENCE* 04(3), (2008) pp 368 - 393.
- [12] - B. INZA, M. B. SORO, O. A. ETCHIAN, A. TROKOUREY et Y. BOKRA, 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) pp. 139-154.
- [13] - S. KORFALI and B. DAVIES, A comparison of metals in sediment and water in the River Nahr-Ibrahim. In *Étude bactériologique des eaux de surface de la rivière Nahr Ibrahim, Liban, Journal of Water Science*, Vol. 20, 4, (2003) 341-352.
- [14] - O. KAMBIRÉ, A. A. ADINGRA, S. G. EBLIN, N. AKA, A. C. KAKOU, et R. KOFFI-NEVRY., Caractérisation des eaux d'une lagune Estuarienne de la côte d'ivoire : la lagune Aby. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, 20, (2014) pp 95-110.
- [15] - A. M. KOUASSI, S. KONAN, et A. A. ADINGRA, Suivi de paramètres hydrologiques et de pollution des eaux de la lagune de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire), *Fiches techniques et Documents de Vulgarisation Abidjan, CRO*, (2003) 1-10.
- [16] - K. N. KEUMEAN, B. S. BAMBA, N. SORO, et M. SORO, Distribution des composés azotes et phosphores dans la lagune Ouladine (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Afrique SCIENCE* 06(2), (2010) pp 84 - 92.
- [17] - J-M. BRETON, Gestion des ressources en eau et développement local durable (Caraïbe-Amérique latine - Océan indien). *Rev. Edit. Karthala*, (2008) pp 71-281.
- [18] - B. MILLET, Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : le lac Togo. *Editions de l'ORSTOM, Collection études et thèses*, (1986) 228p.
- [19] - F. CAYOCCA, Turbidité, rapport SRM GDG. IFREMER/ODE/PHYSED, Centre de Brest, (2011) 7p.
- [20] - A. HERBLAND et P LE LCEUFF, Les sels nutritifs au large de la Côte d'Ivoire. Paris, ORSTOM, (1970) pp 124-149.
- [21] - L. MAURICE, La qualité des eaux dans l'estuaire de la Gironde: 2-synthèse. *Rev. Int. deu.17Tfoulon*. (1993) 52p.
- [22] - P. BOERS and O. VAN HESE, Phosphorus release from peaty sediments of the Loosdrecht lakes (The Netherlands). *Wat. Res.*, 22(3) (1988) pp 355-363.
- [23] - M. TAOUFIK et J. E. DAFIR, Comportement du phosphore dans les sédiments des barrages de la partie aval du bassin versant d'Oum Rabiaa (Maroc). *Rev. Sci. Eau*. 15/1, (2002) pp 235-249.
- [24] - M. LAABIR, Eutrophisation - Milieu marin - Microalgues Toxiques, Cycles biogéochimiques : Azote, Phosphore et silice. *Diapositive*, (2007) 67p.