

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LAC DU BARRAGE HYDROÉLECTRIQUE DE KOSSOU, FLEUVE BANDAMA, CÔTE D'IVOIRE

Naminata KONÉ^{1*}, Amalan Sylvie N'DA², Kouassi Brahiman
KIEN³, Gnonléba Franck dit Hervis BOGUHÉ² et Siaka BERTÉ²

¹ *Ecole Normale Supérieure (ENS) d'Abidjan, Département de Sciences et
Technologie, 08 BP 10 Abidjan 08*

² *Université Félix Houphouët Boigny, Laboratoire des Milieux Naturels et
Conservation de la Biodiversité, U. F. R. Biosciences,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

³ *Université Peleforo Gon Coulibaly, U. F. R. Sciences Biologiques,
BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire*

(reçu le 18 Mars 2021; accepté le 28 Mai 2022)

* Correspondance, e-mail : k_naminata@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cette étude a été réalisée dans le but de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac du barrage de Kossou en vue d'évaluer la qualité des eaux de ce milieu. Pour ce faire, des prélèvements d'eau et des mesures ont été effectués dans ce lac de décembre 2018 à novembre 2019. Les paramètres physico-chimiques déterminés sont le pH ($7,44 \pm 0,40$), le taux d'oxygène dissous ($6,12 \pm 1,12$ mg/L), la conductivité ($75,63 \pm 3,59$ μ S/cm), le taux de solides dissous ($37,80 \pm 4,52$ mg/L), la température ($28,45 \pm 0,95$ °C), l'orthophosphate ($0,32 \pm 0,40$ mg/L), le phosphore ($0,09 \pm 0,12$ mg/L), l'ammonium ($0,54 \pm 0,94$ mg/L), le nitrate ($1,33 \pm 0,95$ mg/L), le nitrate d'azote ($5,94 \pm 4,31$ mg/L), le nitrite ($2,16 \pm 1,11$ mg/L) et le nitrite d'azote ($0,75 \pm 0,62$ mg/L). Les différences observées entre la saison sèche et la saison pluvieuse ne sont pas significatives selon le test statistique d'ANOVA. Les concentrations obtenues indiquent que le niveau de dégradation des eaux du lac est faible.

Mots-clés : *paramètres physico-chimiques, lac de Kossou, Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT

Physico-chemical characterization of the waters of the Kossou hydroelectric dam, Bandama river, Côte d'Ivoire

This study was carried out with the aim of determining the physico-chemical characteristics of the waters of the Kossou dam lake in order to evaluate the quality of the waters of this environment. To do this, water sampling and measurements were conducted in this lake from December 2018 to November 2019. The physico-chemical parameters determined were pH (7.44 ± 0.40), dissolved oxygen (6.12 ± 1.12 mg/L), conductivity (75.63 ± 3.59 μ S/cm), dissolved solids (37.80 ± 4.52 mg/L), temperature ($28.45 \pm 0.95^\circ\text{C}$), orthophosphate (0.32 ± 0.40 mg/L), phosphorus (0.09 ± 0.12 mg/L), ammonium (0.54 ± 0.94 mg/L), nitrate (1.33 ± 0.95 mg/L), nitrate-nitrogen (5.94 ± 4.31 mg/L), nitrite (2.16 ± 1.11 mg/L), and nitrite-nitrogen (0.75 ± 0.62 mg/L). The differences observed between the dry and wet seasons are not significant according to the statistical test (ANOVA). The concentrations obtained indicate that the level of degradation of the lake waters is low.

Keywords : *physico-chemical parameters, Kossou lake, Bandama river, Côte d'Ivoire.*

I - INTRODUCTION

Les barrages aménagés sur les cours d'eau africains constituent d'importants outils de développement à travers la production d'énergie électrique, les réserves d'eau pour les besoins domestiques et pour les activités agropastorales [1]. Les différentes activités humaines telle que l'agriculture avec l'utilisation des engrais et pesticides contribue à l'enrichissement des milieux aquatiques en nutriments tels que les phosphores, les nitrates, etc. [2]. Ces milieux aquatiques deviennent ainsi des réceptacles importants des polluants utilisés dans leur bassin versant [3]. Une augmentation des apports nutritifs peut modifier l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu [3], dégrader la qualité des cours d'eau et menacer la vie aquatique [4, 5]. La détermination de la qualité des eaux de surface repose sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs de la qualité de l'eau [6]. Le lac de barrage de Kossou créé sur le fleuve Bandama en Côte d'Ivoire est situé dans une zone d'orpillage. L'exercice de cette activité et de bien d'autres par les populations riveraines (utilisation de produits chimiques en agriculture, pêches incontrôlées, déforestation etc.) pourraient avoir un impact sur la qualité des eaux de ce lac. La présente étude a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac de Kossou afin d'en déterminer la qualité.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

Le lac de Kossou est un lac de barrage hydroélectrique situé à 203 m d'altitude, dans le Centre de la Côte d'Ivoire, dans le département de Yamoussoukro, entre 6° 58' et 8° 08' de latitude Nord et 5° 27' et 5° 45' de longitude Ouest [7]. Le barrage de Kossou a été construit sur le fleuve Bandama en 1971 à 296 km de l'embouchure du fleuve. Il est long de 155 km avec une largeur de 5 km pour une superficie de 770 km² et est situé dans le domaine Guinéen. Le régime hydrologique du lac de barrage de Kossou est de type équatorial de transition atténué soumis au climat baouléen caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses [8]. L'échantillonnage a été effectué dans la partie Sud du lac de Kossou localisée à 7°02' de latitude Nord et 5°28' de longitude Ouest (**Figure 1**). Cette station est caractérisée par une profondeur moyenne de 3,52 m et une fermeture de la canopée nulle. Le plan d'eau est recouvert à seulement 5 % par les plantes aquatiques et le substrat est composé de 40 % de boue ; 25 % de mélange sable-gravier et 35 % de mélange argile-boue.

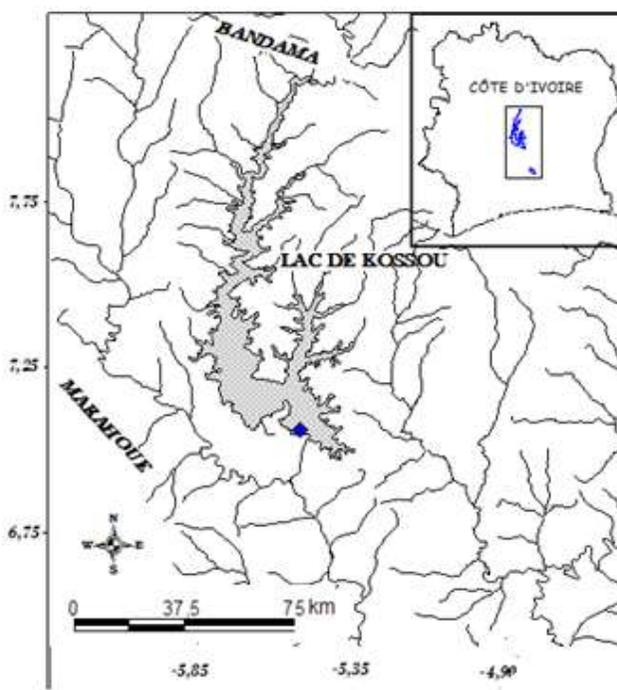


Figure 1 : Localisation de la zone d'échantillonnage sur le lac de Kossou (Côte d'Ivoire)

◆ = Station d'échantillonnage ■ = Lac de Kossou

II-2. Mesure des variables physico-chimiques

Dans le cadre de ce travail, différents paramètres du milieu ont été mesurés mensuellement de décembre 2018 à novembre 2019. Les variables mesurées pendant l'échantillonnage sont : le potentiel d'Hydrogène (pH), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le taux de solides dissous (TDS en mg/L), le taux d'oxygène dissous (mg/L) et la température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$). À cet effet, différents appareils à affichage digital de marque WAGTECH ont été utilisés. Ces appareils sont tous couplés à un thermomètre qui a permis la mesure de la température de l'eau dans le lac de barrage. Les mesures ont été effectuées *in situ* dans les 50 premiers centimètres de profondeur. Les appareils de mesure sont d'abord mis sous tension pendant une quinzaine de minutes, puis leurs sondes sont plongées dans l'eau. La valeur de chaque paramètre est notée après affichage. Avec le conductimètre, la sélection des fonctions dérivées (conductivité, TDS) permet l'affichage automatique de la valeur du paramètre sélectionné.

II-3. Dosage des composés ioniques

Les composés ioniques dosés sont l'orthophosphate (PO_4^{3-}), le phosphore (P), l'ammonium (NH_4^+), le nitrate (NO_3^-), le nitrate d'azote (NO_3^- -N), le nitrite (NO_2^-) et le nitrite d'azote (NO_2^- -N). Chaque mois des échantillons d'eau du lac de Kossou sont prélevés puis conservés au frais dans une glacière avant d'être analysés au laboratoire. Le dosage des composés ioniques a été effectué avec un photomètre multiparamètre HANNA modèle HI 83200 série 2008. Le principe de mesure est basé sur la loi de Beer Lambert [9] qui indique la proportionnalité de la densité optique avec l'épaisseur de la solution (échantillon analysé) et la concentration de l'élément chimique recherché. Après ajout du réactif approprié, le mélange échantillon d'eau-réactif est introduit dans le photomètre multiparamètre qui affiche la concentration de l'ion (en mg/L) par comparaison avec le témoin. Le dosage de l'orthophosphate et du phosphore a été réalisé avec deux réactifs A et B composés respectivement de l'acide sulfurique associé au molybdate d'ammonium et du diméthylformamide combiné au bisulfate de sodium. Les autres réactifs utilisés sont l'iodure de potassium et le dichlorure de mercure pour l'ammonium ; le cadmium et l'acide sulfanilique pour le nitrate et le nitrate d'azote ; le sulfate ferreux heptahydraté pour le nitrite et le nitrite d'azote.

II-4. Traitement statistique des données

L'analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour déterminer les effets des saisons (saisons sèche et pluvieuse) sur les différentes variables physico-chimiques. Les analyses statistiques ont été faites au seuil de significativité de 5 % à l'aide du logiciel *STATISTICA* version 7.1.

III - RÉSULTATS

Les valeurs moyennes annuelles et saisonnières des paramètres physico-chimiques mesurées à la station de Kossou sont consignées dans les *Tableaux 1 et 2*.

III-1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH décroissent de novembre (8,9) à février (7,06). De février à mai, elles varient peu et oscillent entre 7,06 et 7,43 avant d'augmenter jusqu'à 8,16 en juin (*Figure 2*). Une chute est ensuite observée en juillet (5,42) suivie d'une augmentation progressive jusqu'en octobre (8,85). Ce paramètre ne présente aucune variation significative ($p > 0,05$) au niveau des saisons. Cependant, la moyenne de la saison pluvieuse est plus élevée ($7,70 \pm 0,67$) que celle observée en saison sèche ($7,18 \pm 1,1$). Pour les deux saisons, le pH est au-dessus de la neutralité ($\text{pH} > 7$).

III-2. Oxygène dissous

La valeur la plus élevée a été enregistrée en octobre (8,19 mg/L) alors que la plus faible teneur a été notée en août (4,25 mg/L). La teneur en oxygène dissous observée au cours des saisons indique une valeur plus élevée en saison pluvieuse ($6,74 \pm 1,03$ mg/L) qu'en saison sèche ($5,50 \pm 0,88$ mg/L). Les différences observées entre les saisons ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

III-3. Conductivité

La conductivité varie très peu de décembre (75,9 $\mu\text{S/cm}$) à mai (73,7 $\mu\text{S/cm}$). La plus faible valeur a été notée en juin (69,80 $\mu\text{S/cm}$) alors que la plus forte a été relevée en août (83,70 $\mu\text{S/cm}$). La conductivité observée en saison sèche a une valeur plus élevée ($77,01 \pm 3,84$ $\mu\text{S/cm}$) que celle enregistrée en saison pluvieuse ($74,25 \pm 2,99$ $\mu\text{S/cm}$). Les différences constatées ne sont cependant pas significatives.

III-4. Taux de solides dissous (TDS)

L'évolution du taux de solides dissous présente une allure semblable à celle de la conductivité. Le taux le plus élevé a été mesuré en août avec 49,30 mg/L. Le taux le plus faible a été enregistré en juin (29 mg/L). La saison sèche présente la valeur la plus forte du TDS ($39,46 \pm 4,98$ mg/L) et la saison pluvieuse, le plus faible taux ($36,13 \pm 3,67$ mg/L). L'ANOVA n'a pas montré de différence significative entre les saisons.

III-5. Température

De façon générale, la température de l'eau évolue de manière irrégulière au cours de l'année. La plus forte température a été enregistrée en novembre (30,6°C) et la plus faible a été notée en septembre (26,8°C). Concernant la variation saisonnière de ce paramètre, aucune différence significative n'a été relevée par l'analyse statistique entre la saison pluvieuse et la saison sèche (**Tableau 1**). Néanmoins, la température moyenne la plus élevée a été observée en saison sèche (28,85 ± 1,08°C).

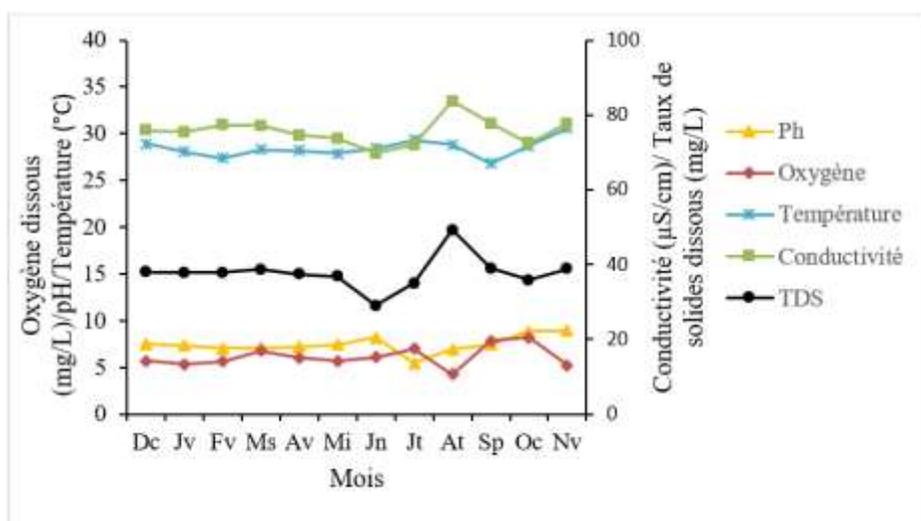


Figure 2 : Variations mensuelles de quelques paramètres physico-chimiques dans le lac de Kossou

Tableau 1 : Valeurs moyennes annuelles et saisonnières de quelques paramètres physico-chimiques dans le lac de Kossou. ss: saison sèche, sp: saison pluvieuse

Paramètres	Moyennes	
	annuelles	Saisonnières
pH	7,44 ± 0,40	ss 7,18 ± 1,11 sp 7,70 ± 0,67
Oxygène dissous (mg/L)	6,12 ± 1,12	ss 5,50 ± 0,88 sp 6,74 ± 1,03
Conductivité (µS/cm)	75,63 ± 3,59	ss 77,01 ± 3,84 sp 74,25 ± 2,99
TDS (mg/L)	37,80 ± 4,52	ss 39,46 ± 4,98 sp 36,13 ± 3,67
Température (°C)	28,45 ± 0,95	ss 28,85 ± 1,08 sp 28,05 ± 0,66

III-6. Composés ioniques

III-6-1. Composés phosphorés

- *L'orthophosphate (PO_4^{3-})*

La concentration en orthophosphate présente trois pics majeurs au cours de l'année dans le lac de barrage (**Figure 3**). Ces pics sont enregistrés d'abord en mars (0,70 mg/L), ensuite en mai (1,20 mg/L) et enfin en octobre (0,80 mg/L). Pendant la saison pluvieuse, la concentration de ce composé est plus élevée ($0,50 \pm 0,47$ mg/L) que celle de la saison sèche ($0,15 \pm 0,23$ mg/L).

- *Le phosphore (P)*

L'évolution mensuelle de la concentration du phosphore présente sensiblement la même allure que celle de l'orthophosphate mais avec des valeurs plus faibles (**Figure 3**). La concentration la plus élevée est notée en mai (0,40 mg/L). Les différences observées entre la saison sèche ($0,04 \pm 0,06$ mg/L) et la saison pluvieuse ($0,15 \pm 0,15$ mg/L) ne sont pas statistiquement significatives (**Tableau 2**).

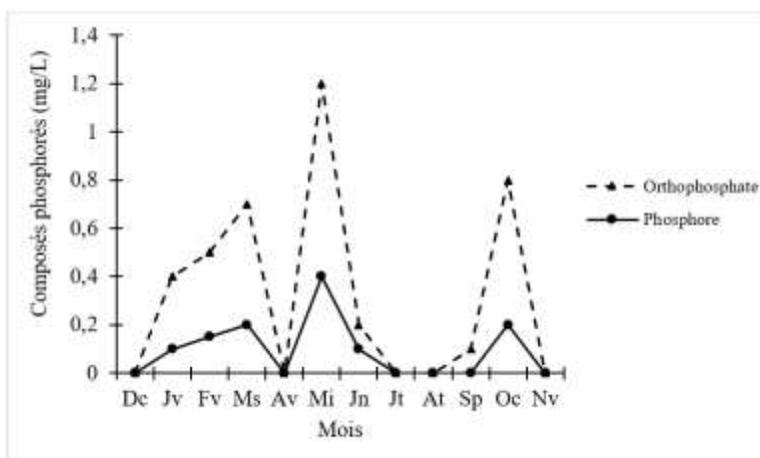


Figure 3 : Variations mensuelles de la concentration des composés phosphorés dans le lac de Kossou

III-6-2. Composés azotés

- *L'ammonium (NH_4^+)*

La concentration la plus élevée est observée en décembre avec 3,47 mg/L (**Figure 4**). En janvier et juin, les concentrations de l'ammonium sont très faibles avec respectivement 0,04 mg/L et 0,01 mg/L. La concentration de l'ammonium en saison sèche ($0,83 \pm 1,31$ mg/L) est plus forte que celle notée en saison pluvieuse ($0,25 \pm 0,16$ mg/L). Cette différence n'est cependant pas significative ($p > 0,05$).

- **Les nitrates (NO_3^-)**

La plus forte concentration du nitrate (NO_3^-) est notée en janvier avec une valeur de 16,60 mg/L. La teneur la plus faible est enregistrée en décembre (0,70 mg/L). La teneur des eaux du lac de Kossou en nitrate d'azote (NO_3^- -N) évolue de la même manière que celle du nitrate, à la seule différence que les concentrations du nitrate d'azote sont beaucoup plus faibles (**Figure 4**). Après une baisse de novembre à décembre où elle atteint sa valeur la plus faible (0,20 mg/L), la concentration du nitrate d'azote augmente brusquement en janvier pour atteindre le maximum (3,70 mg/L). Les valeurs moyennes saisonnières des différents composés nitrates sont plus fortes en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les différences observées ne sont cependant pas significatives.

- **Les nitrites (NO_2^-)**

La concentration de nitrite (NO_2^-) évolue de façon irrégulière au cours de l'année. La plus forte concentration (4 mg/L) est observée en mars. Ensuite, la concentration diminue progressivement pour se stabiliser à la valeur minimale (1 mg/L) de juin à septembre (**Figure 5**). Le nitrite d'azote (NO_2^- -N) présente des teneurs qui varient entre 0 et 1 mg/L de septembre à juillet. La concentration maximale est enregistrée en août (2 mg/L). Les valeurs moyennes saisonnières sont de $2,00 \pm 1,09$ mg/L en saison sèche et de $2,33 \pm 1,21$ mg/L en saison pluvieuse pour le nitrite. En ce qui concerne le nitrite d'azote, ces valeurs sont de $0,83 \pm 0,75$ mg/L pour la saison sèche et de $0,66 \pm 0,51$ mg/L pour la saison pluvieuse.

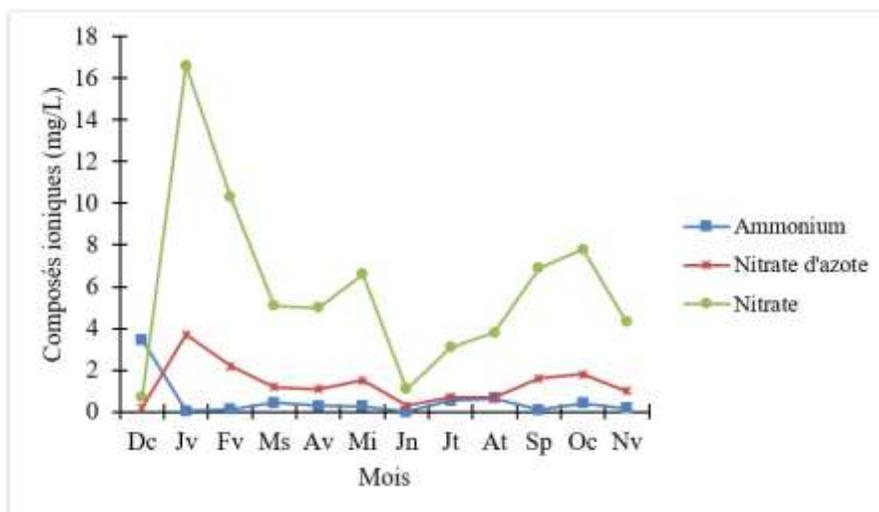


Figure 4 : Variations mensuelles de la concentration de l'ammonium et des nitrates dans le lac de Kossou

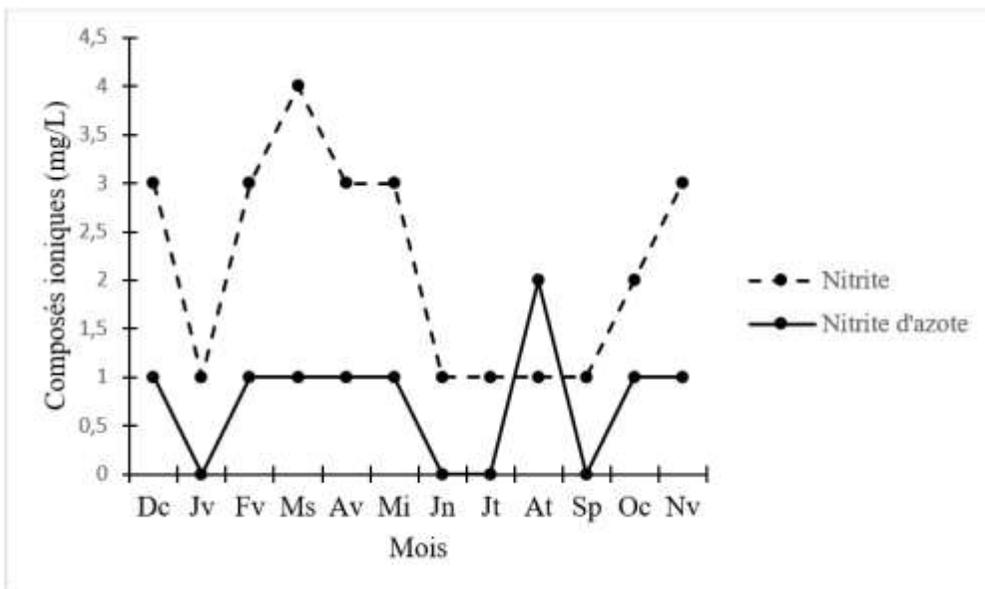


Figure 5 : Variations mensuelles de la concentration des nitrites dosés dans le lac de Kossou

Tableau 2 : Valeurs moyennes annuelles et saisonnières des composés ioniques dans le lac de Kossou. ss: saison sèche, sp: saison pluvieuse

Paramètres (mg/L)	Moyennes	
	Annuelles	Saisonnières
PO ₄ ³⁻	0,32 ± 0,40	ss 0,15 ± 0,23
		sp 0,50 ± 0,47
P	0,09 ± 0,12	ss 0,04 ± 0,06
		sp 0,15 ± 0,15
NH ₄ ⁺	0,54 ± 0,94	ss 0,83 ± 1,31
		sp 0,25 ± 0,16
NO ₃ ⁻	1,33 ± 0,95	ss 1,41 ± 1,30
		sp 1,25 ± 0,53
NO ₃ ⁻ -N	5,94 ± 4,31	ss 6,46 ± 5,89
		sp 5,41 ± 2,37
NO ₂ ⁻	2,16 ± 1,11	ss 2,00 ± 1,09
		sp 2,33 ± 1,21
NO ₂ ⁻ -N	0,75 ± 0,62	ss 0,83 ± 0,75
		sp 0,66 ± 0,51

IV - DISCUSSION

Les valeurs de pH mesurées varient entre 5,42 et 8,9 avec une moyenne annuelle de $7,44 \pm 0,91$. Ces résultats montrent que les eaux du lac sont légèrement alcalines. Cette valeur moyenne est très proche de celle de 7,36 obtenue dans le lac Taabo par [10]. Selon [11], les pH sont très faiblement alcalins de façon générale, avec une moyenne de 7,35 dans le bassin du fleuve Bandama. Les variations saisonnières de ce paramètre seraient liées au cycle de vie de la matière organique. La baisse du pH observée en saison sèche résulterait d'un important processus de décomposition de la matière organique [12, 13]. En effet, la décomposition de la biomasse (macrophytes), apporte au plan d'eau de la matière organique qui va entraîner l'augmentation de la consommation d'oxygène et rendre le milieu réducteur. Ainsi, le processus de décomposition pourrait entraîner une baisse du potentiel d'hydrogène. Par conséquent, en absence d'une décomposition des plantes aquatiques, le pH des eaux tendrait à augmenter. Le taux annuel d'oxygène dissous mesuré dans les couches superficielles des eaux est de $6,12 \pm 1,12$ mg/L. Cette valeur révèle que les eaux du lac de Kossou sont d'une manière générale oxygénées. [14] a noté dans le lac de Kossou des taux d'oxygène dissous compris entre 2 et 10 mg/L ; ce qui corrobore nos résultats observés dans ce milieu.

Les teneurs en oxygène, enregistrées dans les zones superficielles, sont dues aux activités photosynthétiques du phytoplancton qui se déroulent généralement avec une plus grande intensité dans ces zones du fait de la forte pénétration de la lumière [10]. Ces mêmes observations ont été faites par [15] sur les lacs d'Ayamé 1 et 2. Selon [16, 17], les variations des taux d'oxygène dissous sont sous l'influence de certains facteurs dont le vent, la profondeur du cours d'eau, la vitesse du courant et la présence de dépôts réducteurs. La conductivité permet une meilleure appréciation de la richesse chimique d'un milieu donné [18]. Les résultats indiquent que les eaux du lac ont une conductivité plus élevée en saison sèche ($77,01 \pm 3,84$ $\mu\text{S/cm}$) qu'en saison pluvieuse ($74,25 \pm 2,99$ $\mu\text{S/cm}$) avec une moyenne annuelle de $75,63 \pm 3,59$ $\mu\text{S/cm}$. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par [3] dans le même milieu et aussi à celles rapportées par [10, 19] dans le lac de Taabo. Ces auteurs ont observé des valeurs moyennes comprises entre 85,16 $\mu\text{S/cm}$ et 96,64 $\mu\text{S/cm}$. La conductivité moyenne enregistrée par [20] dans le lac de Buyo est comprise entre 20 et 100 $\mu\text{S/cm}$. Les auteurs [21] ont noté des valeurs de conductivité dans le lac de Taabo qui oscillent entre 47,50 et 102,20 $\mu\text{S/cm}$. Ces valeurs moyennes sont proches de celles obtenues dans le lac de Kossou. Selon [22], les fluctuations saisonnières de la conductivité sont vraisemblablement une implication de la saisonnalité de la concentration des sels minéraux dans la mesure où ces éléments sont responsables de la

minéralisation des eaux et par conséquent de sa conductivité. Etant donné que la conductivité et le taux de solides dissous sont deux paramètres corrélés positivement, les observations faites sur la conductivité s'appliquent aux taux de solides dissous. [18] indique qu'en milieu naturel, les variations de la conductivité des eaux et du taux de solides dissous sont sous l'influence d'un certain nombre de facteurs dont les précipitations, l'évaporation et le type de substrat. D'autres travaux réalisés par [23] ont montré que pendant la saison sèche, l'évaporation combinée au manque d'apport d'eau, provoque une accumulation d'ions qui augmenterait la conductivité. Cela pourrait expliquer la hausse de la conductivité et du TDS observée en saison sèche. Les valeurs moyennes annuelles de la température des eaux du lac de Kossou oscillent entre 26,8 °C et 30,6°C. Ces données sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par [10, 19] dans le lac de barrage de Taabo; par [20, 21] dans le lac de barrage de Buyo et par [24] dans le lac de Kossou. Ces auteurs ont donné des valeurs de température variant entre 25°C et 33°C. Selon [10], la température des cours d'eau ivoiriens descend rarement en dessous de 25°C. La température de l'eau est plus élevée en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Ces variations saisonnières sont faibles (moins de 1°C de différence) et les différences observées ne sont pas significatives. Néanmoins, ces variations peuvent être liées entre autres, à la météorologie des jours de relevés.

En effet, divers facteurs influençant les variations de la température des eaux des écosystèmes aquatiques ont été notés par [18]. Il s'agit de la latitude, du degré de l'insolation, de la composition du substrat, des précipitations, du vent et surtout du couvert végétal. Selon [25], l'orthophosphate est un paramètre important de la fertilisation des plans d'eau qui joue un grand rôle dans la croissance planctonique. C'est un indicateur pertinent de l'évaluation du niveau trophique des eaux [4]. Selon ces auteurs, la majorité des apports de phosphore provient de sources ponctuelles : rejets urbains ou industriels, déjections animales provenant d'élevages traditionnels ou industriels et eaux de lessivage suite aux précipitations sur le bassin versant du fleuve. La concentration de l'orthophosphate est la plus importante des composés phosphorés du lac de Kossou avec 0,32 mg/L. Les valeurs de ce composé sont très inférieures à celles obtenues par [3] dans le lac Kossou (2,15 mg/L). Dans le lac d'Ayamé, [5] ont cependant noté des concentrations d'orthophosphate comprises entre 0,1 mg/L et 0,46 mg/L qui sont similaires aux nôtres. Les auteurs [11] rapportent, pour le régime équatorial de transition, des teneurs en orthophosphates variant entre 0,01 et 1 mg/L. Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes ; toutefois au-dessus d'une certaine concentration et lorsque les conditions sont favorables, il peut provoquer une croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques supérieures. Cet accroissement pourra être suivi d'une accumulation de biomasse végétale et de

détritus qui conduisent généralement à une dégradation de la qualité de l'eau [13]. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/L constituent un indice de pollution [26]. Avec une concentration annuelle de phosphore évaluée à 0,09 mg/L à Kossou, les eaux de ce lac sont d'un niveau de dégradation faible. Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol [27]. Parmi les composés azotés, les plus fortes concentrations sont celles du nitrate d'azote ($5,94 \pm 4,31$ mg/L) et du nitrite ($2,16 \pm 1,11$ mg/L). Selon [28], le lac de Kossou tout comme celui de Taabo sont des retenues dont le bassin versant est dominé par des zones agricoles qui sont probablement la source principale des éléments fertilisants après lessivage des terres cultivées, enrichies en engrais, en période pluvieuse. Les concentrations de nitrate obtenues dans le présent travail sont nettement en dessous de celles données par la directive des nitrates (11,30 mg/L) comme indicateur de la pollution des eaux douces [13]. Les nutriments azotés et phosphorés sont considérés comme indicateurs de l'état trophique et sont susceptibles de favoriser l'apparition des macrophytes [29]. Selon [30], la prolifération des macrophytes est la principale problématique associée à l'eutrophisation en zone tropicale et principalement en Afrique.

V - CONCLUSION

L'étude des paramètres physico-chimiques du lac de Kossou a montré que le pH est de $7,44 \pm 0,4$ et que les eaux du lac sont oxygénées ($6,12 \pm 1,12$ mg/L). La conductivité relevée est de $75,63 \pm 3,59$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ et le taux de solides dissous est de $37,8 \pm 4,52$ mg/L. La température de l'eau est de $28,45 \pm 0,95^\circ\text{C}$. Les valeurs saisonnières enregistrées ne sont pas significativement différentes. La composition ionique a mis en évidence une forte concentration d'azote nitrate (NO_3^- -N) et de nitrite (NO_2^-) dans le lac avec respectivement $5,94 \pm 4,31$ mg/L et $2,16 \pm 1,11$ mg/L. Ces valeurs sont néanmoins en dessous de celles données par la directive des nitrates (11,30 mg/L) comme indicateur de la pollution des eaux douces. Les composés phosphorés sont présents dans les eaux du lac avec des concentrations très faibles. La concentration de l'orthophosphate (PO_4^{3-}) est de $0,32 \pm 0,4$ mg/L et celle du phosphore est de $0,09 \pm 0,12$ mg/L. Cette valeur du phosphore indique que les eaux du lac de Kossou sont dans un état de dégradation faible.

RÉFÉRENCES

- [1] - C. LÉVÊQUE et D. PAUGY, Caractéristiques générales de la faune ichtyologique. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme (C. Lévêque & D. Paugy, eds.). Editions de l'IRD, Paris, (1999) 43 - 53
- [2] - D. L. ASSOUGNON, H. AGADJIHOUEDE, K. KOKOU et A. P. LALÉYÈ, Caractérisation physico-chimique et diversité du peuplement phytoplanctonique des mares au sud de la réserve de faune de Togodo (sud-Togo), *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (4) (2017) 1920 - 1936
- [3] - R. N. LOZO, S. BERTÉ, N. I. OUATTARA et E. P. KOUAMÉLAN, Variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire), *Reb-Pasres*, 4 (1) (2019) 34 - 43
- [4] - D. MAMA, V. DELUCHAT, J. BOWEN, W. CHOUTI, B. YAO, B. GNON et M. BAUDU, Caractérisation d'un système lagunaire en zone tropicale: Cas du lac Nokoué (Bénin), *European Journal of Scientific Research*, 56 (4) (2011) 516 - 528
- [5] - Y. E. ADOU, K. G. BLAHOUA, Z. M. GOGBÉ et V. N'DOUBA, Caractérisation physico-chimique des eaux d'un lac situé entre deux barrages hydroélectriques : Lac d'Ayamé 2 (Côte d'Ivoire), *European Journal of Scientific Research*, 149 (4) (2018) 451 - 461
- [6] - C. BLI-EFFERT et R. PERRAUD, Chimie de l'environnement-air, eau, sols, déchets, édition. DeBoeck Université, (2001) 483 p.
- [7] - N. KOUASSI, Données écologiques et biologiques sur les populations d'*Alestes baremoze* (Joannis, 1835), Poissons Characidae du lac de barrages de Kossou. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences. Université Nationale de Côte d'Ivoire, (1978) 278 p.
- [8] - I. SAVANÉ et A. KONARÉ, Le climat *In* : S. Konaté et D. Kampmann, Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, tome III : Côte d'Ivoire. Abidjan et Frankfurt, (2010) 159 - 160
- [9] - J. RODIER, L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Édition Dunod Paris, (1984) 1356 p.
- [10] - K. L. KOUASSI, D. L. GONÉ, N. H. MELEDJE, A. V. WOGNIN et K. AKA, Hydrologie et évolution spatio-temporelle des charges solides en suspension dans le lac du barrage hydroélectrique de Taabo (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 18 (3) (2007) 464 - 478
- [11] - A. ILTIS et C. LÉVÊQUE, Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire, *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 15 (2) (1982) 115 - 130
- [12] - E. ODJOHOU, M. AMANI, G. SORO et S. MONDE, Caractérisation physico-chimique des eaux d'un système lacustre du cordon littoral

- ivoirien : cas du lac Labion, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (5) (2020) 1878 - 1892
- [13] - L. EKOU, T. EKOU, K. J. N'DA et T. DJE, Variations temporelles des paramètres physico-chimiques et biotiques de deux écosystèmes aquatiques de la lagune Ebrié, *European Journal of Scientific Research*, 58 (3) (2011) 414 - 422
- [14] - K. TRAORÉ, État des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. (Rapport de consultation, Avril 1996). Projet F.A.O. TCP/IVC/4553, (1996) 135 p.
- [15] - C. GALY-LACAUX, R. DELMAS, G. KOUADIO, S. RICHARD et P. GOSSÉ, Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles*, 13 (2) (1999) 503 - 517
- [16] - H. MATTHES, Les poissons du lac Tumba et de la région d'Ikela : Étude systématique et écologique. *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale*, (1964)126 - 204 p.
- [17] - V. VILLENEUVE, S. LEGARE, J. PAINCHAUD et W. VINCENT, Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de l'eau*, 19 (4) (2006) 259 - 2274
- [18] - R. L. WELCOMME, River fisheries. F.A.O Fisheries Technical Paper 262, Rome, (1985) 330 p.
- [19] - N. G. ALIKO, K. S. DA COSTA, K. F. KONAN, A. OUATTARA, et G. GOURÈNE, Fish diversity along the longitudinal gradient in a man-made lake of West Africa, Taabo hydroelectric reservoir, Ivory Coast. *Ribarstvo*, 68 (2) (2010) 47 - 60
- [20] - W. A. YTÉ, N. C. KOUASSI et S. YORO, Peuplement zooplanctonique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire) : liste faunistique et distribution. *Agronomie Africaine*, 8 (2) (1996) 143 - 152
- [21] - B. Y. OSSEY, V. MAMBO, T. A. SANOGO et P. V. HOUENOU, Étude analytique des caractéristiques chimiques d'un lac eutrophe en milieu tropical : La conductivité comme indicateur de trophie du lac de Buyo (Côte d'Ivoire), *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 025 (2008) 87 - 108
- [22] - O. E. EDIA, Diversité taxonomique et structure des peuplements de l'entomofaune des rivières côtières Soumié, Eholié, Ehania, Noé (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, (2008) 152 p.
- [23] - Y. N. N'GORAN, Effets des barrages de retenues d'eau sur l'environnement abiotique d'un bassin côtier ouest africain : paramètres physico-chimiques de la Bia Côte d'Ivoire-Ghana. Mémoire de DEA Environnement. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), (1989) 65 p.

- [24] - J. P. BRUNEL et B. BOURON, Evaporation des nappes d'eau libre en Afrique sahélienne et tropicale. CIEH, Cahiers de l'ORSTOM, Série Hydrologie, (1992) 410 p.
- [25] - G. MARTIN, Le point sur l'épuration et le traitement des effluents : le phosphore, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, Vol. 3, (1987) 1 - 298
- [26] - A. S. AHONON, Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo : cas du canton de Lavié. Mémoire de Master International. Université de Lomé (Togo), (2011) 42 p.
- [27] - K. CHAUSSÉE, Nitrates / Nitrites. *In* : Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut National de Santé Publique du Québec, (2003) 12 p.
- [28] - N. GROGA, Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse (France), (2012) 224 p.
- [29] - A. R. HADJ, G. QUARANTA, F. GUEDDARI, D. MILLION et N. CLAUER, The life cycle impact assessment applied to a coastal lagoon: the case of the Slimane lagoon (Tunisia) by the study of seasonal variations of aquatic eutrophication potential. *Environmental Geology*, 54 (2008) 1103 - 1110
- [30] - P. M. HILL et J. A. COETZEE, Integrated control of water hyacinth in Africa. *EPPO Bulletin*, 38 (2008) 452 - 457