



**Original Paper**

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

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

## Rôle des Zones Humides et défis de l'eutrophisation : perspectives pour une gestion durable des ressources aquatiques au Burkina Faso

Tiraogo Prince Florian BOUDA<sup>1\*</sup>, Badaye Abdoulaye SIRIMA<sup>2</sup> et  
Yélézouomin Stéphane Coirentin SOME<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de Géographie, Université Norbert ZONGO, LABOSHS (Laboratoire de Recherche en Sciences Humaines et Sociale), Koudougou, Burkina Faso.

<sup>2</sup> Centre universitaire de Gaoua, Burkina Faso.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [princebouda88@gmail.com](mailto:princebouda88@gmail.com)

Received: 01-08-2024

Accepted: 27-11-2024

Published: 31-12-2024

### RÉSUMÉ

Pour comprendre l'impact des variations saisonnières sur la qualité de l'eau et son influence sur l'écosystème aquatique, le suivi de la qualité des eaux de surface par des indicateurs physico-chimiques du Barrage 2 de Ouagadougou a été nécessaire. L'objectif de l'étude est d'évaluer les indicateurs physico-chimiques de l'eau du Barrage 2 de Ouagadougou et leur influence sur les végétaux aquatiques, afin d'identifier les risques potentiels liés à la qualité de l'eau. La mise en évidence des indicateurs physico-chimiques par les méthodes de spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour les composants chimiques et par méthode électrochimique pour les paramètres physiques a été appliquée. Les analyses ont révélé que pendant la saison des hautes eaux, une augmentation de 1 mg/L de nitrate a été associée à une augmentation de 0,011 U<sub>g</sub>/L de chlorophylle A, tandis qu'en saison des basses eaux, la chlorophylle A a montré des corrélations positives avec les nitrates, la conductivité et la turbidité, ce qui présente un risque accru pour le Barrage 2 de Ouagadougou. Ces résultats physico-chimiques permettent de classer l'eau du barrage entre oligotrophie et mésotrophie/hypereutrophie.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Suivi de la qualité eaux, variabilité saisonnière, Risque d'eutrophisation, végétaux, Barrage n°2 de Ouagadougou.

## Role of Wetlands and Challenges of Eutrophication: Perspectives for Sustainable Management of Aquatic Resources in Burkina Faso

### ABSTRACT

To understand the impact of seasonal variations on water quality and its influence on the aquatic ecosystem, it is necessary to monitor surface water quality using physico-chemical indicators at Ouagadougou Dam 2. The aim of the study is to evaluate the physico-chemical indicators of the water at Ouagadougou Dam 2 and their influence on aquatic plants, in order to identify potential risks linked to water quality. Physico-chemical indicators were identified using molecular absorption spectrophotometry for chemical components and

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i6.2>

9748-IJBSC

electrochemical methods for physical parameters. Analyses revealed that during the high-water season, a 1 mg/L increase in nitrate was associated with a 0.011 Ug/L increase in chlorophyll A, while during the low-water season, chlorophyll A showed positive correlations with nitrate, conductivity and turbidity, presenting an increased risk for Ouagadougou Dam 2. These physico-chemical results make it possible to classify the dam's water between oligotrophy and mesotrophy/hypereutrophy.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Water quality monitoring, Seasonal variability, Eutrophication risk, Vegetation, Dam n2 of Ouagadougou.

## INTRODUCTION

Les zones humides jouent un rôle vital en tant que zones tampons contre la pollution et les impacts climatiques, absorbant le surplus d'eau et fournissant un microclimat favorable (Gomis et al., 2023). Elles abritent une biodiversité riche et sont essentielles pour de nombreuses espèces animales et végétales (Breton et al., 2018). À l'échelle mondiale, les zones humides couvrent entre 5,3 et 9 millions de km<sup>2</sup>, représentant 4 à 6% des superficies terrestres (Matthews et Fung 1987; Mitsch et Gosselink, 2000; Zare, 2015). Cependant, malgré leur importance, elles sont de plus en plus menacées par les activités humaines (Biot et al., 2020). L'augmentation de la demande en eau a des conséquences significatives sur les plans d'eau, parmi lesquelles l'eutrophisation est la plus préoccupante. Ce phénomène, visible par une prolifération excessive de végétation aquatique, est un indicateur de la dégradation des ressources en eau due aux activités anthropiques (Breton et al., 2018). L'eutrophisation est définie comme un "syndrome" affectant à la fois l'habitat et la biocénose aquatique, résultant de l'enrichissement excessif en nutriments, principalement les composés azotés et phosphorés (Jacquet, 2005; Ralph, 2020). Les niveaux trophiques des eaux, classifiés selon Vollenweider (1970), décrivent les différentes catégories en fonction de leur qualité. L'accumulation de nutriments entrave leur capacité d'autoépuration, conduisant à l'accentuation de l'eutrophisation, notamment dans les bras morts des cours d'eau, caractérisés par une faible interaction biotique et une

stagnation de l'eau (Pinay et al., 2018). En Afrique, malgré les politiques régionales telles que celles de la CEDEAO visant à une gestion intégrée des ressources en eau, la mise en œuvre reste un défi, souvent compromis par des contraintes socio-économiques et des besoins croissants en eau pour l'agriculture, l'industrie et les besoins domestiques (Brou et al., 2005; Drabo et al., 2016; Dembele et al., 2023). Cette pression sur les ressources hydriques rend essentielle l'étude statistique des nutriments tels que la température, le pH, la conductivité, la DCO, la DBO5, l'oxygène dissous, la chlorophylle a, l'ammonium, les nitrates et les ortho-phosphates dans le processus d'eutrophisation des plans d'eau. A ouagadougou, la prolifération des espèces aquatique à déjà fait couler beaucoup d'encre (Cissé et al., 2002; Sawadogo et al., 2012; Tapsoba et al., 2016a, 2016b; Zoungrana et Combelem, 2016). La proliférations de ces espèces à la surface des barrages de Ouagadougou est caractéristique des conditions eutrophiques (Nitiema et al., 2013). Cette situation motive notre intérêt pour cette étude, d'où l'objectif de cette étude qui est de quantifier la teneur en éléments précurseurs de l'eutrophisation dans l'eau du barrage 2 de Ouagadougou, d'étudier sa dynamique évolutive et d'évaluer l'état trophique du barrage.

## MATERIEL ET METHODES

### Site de l'étude

L'étude a été réalisée à Ouagadougou, précisément sur le barrage 2 de Ouagadougou (Figure 1). Ce choix a été fait suivant plusieurs

critères. D'une part, par l'accessibilité des informations la zone d'étude à travers la Base Nationale d'Aménagement du Territoire (BNAT) et d'autre part par celle socio-économique à travers la revue de littérature.

### Matériel

Dans le cadre de cette étude, le laboratoire National d'Analyse des Eaux (LNAE) a servi d'environnement pour mener les analyses. L'électrode pH 197i a permis de mesurer le pH de l'eau, tandis que le spectrophotomètre HACH DR/2400 a été utilisé pour déterminer les concentrations de chlorophylle A, de nitrates, d'azote ammoniacal et d'ortho-phosphates. L'appareil OxiTop a servi à mesurer la Demande Biologique en Oxygène (DBO) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO). La turbidité a été évaluée avec le Merck Turbiquant 1000 IR. En complément, des sacs réfrigérants ont été utilisés pour maintenir les échantillons à une température adéquate. L'étude a également nécessité l'utilisation d'embarcations et de moyens roulants (4x4) pour accéder au site, ainsi qu'une perche graduée pour la collecte des échantillons. Des glacières et des gilets de sauvetage ont également été mis à disposition pour garantir la sécurité et la conservation des échantillons pendant le transport.

### Méthodes

Cette étude a été menée suivant la saison des hautes eaux (saison des pluies) et la saison des basses eaux (saison sèche) au barrage 2 de Ouagadougou, en condition naturelle dans le cadre du suivi de la qualité des eaux de surface et des variations physico-chimiques.

#### *La collecte des échantillons sur le plan d'eau*

La phase terrain concerne la collecte des données sur le barrage. Cette collecte concerne les paramètres physiques et chimiques (Figure 2). Dans l'ensemble 187 points (122 pour la saison des hautes eaux et 65 pour la saison des

basses eaux) ont été collectés à 1m de profondeur avec une perche prévue pour la collecte. Un échantillonnage systématique par transect équidistant de 100 mètres a été utilisé.

#### *Conservation des échantillons*

Les échantillons ont été maintenus à une température suffisamment basse pour les amener au laboratoire. Le protocole de la Direction Générale des Ressources en eau (DGRE) a été appliqué à travers l'usage des sacs réfrigérants et les isolants thermiques (DGRE 2019).

#### *Analyse des échantillons*

L'analyse des échantillons pour la détermination des paramètres physico-chimiques du plan d'eau a suivi un protocole bien défini. Pour la détermination du pH, la méthode de l'électrode pH 197i, équipement précis et robuste a été utilisée.

La méthode de la spectrophotométrie de dosage de la chlorophylle a par séparation des matières en suspension puis extraction de la chlorophylle a par l'éthanol gardé à une température de 5°C et la lecture du spectrophotomètre d'absorption en UV. Le calcul de l'extraction de la valeur de la chlorophylle a se fait : Chlorophylle A total ( $\mu\text{g/L}$ ) =  $\text{Abs}(665-750) \times 10 \times 103/83,4 \times V$ .

Quant aux nitrates, la détermination de leurs valeurs a suivi la méthode du spectrophotomètre 8171 HACH DR/2400 par révélation au Nitra Ver5.

La méthode du spectrophotomètre 8506 HACH DR/2400 a aussi été nécessaire pour la détermination des valeurs de l'azote ammoniacal en utilisant des gouttes de minéral stabilizer, puis des gouttes de polyvinyle alcool et enfin du réactif de Nessler.

La détermination de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO a suivi la méthode de la respirométrie OxiTop DBO<sub>5</sub> et DCO, qui a consisté à mesurer la concentration d'oxygène par voie biologique à une température constante égale à 20°C, la valeur de la DBO<sub>5</sub> est obtenue après cinq jours d'incubation. Pour obtenir les

valeurs de la DBO<sup>5</sup>, il faut calculer la DBO théorique. La DBO théorique est égale à 80% de la DCO. Après ce calcul, nous devons déterminer le volume à prélever, le nombre de gouttes d'inhibiteur et le facteur pour déduire les valeurs de la DCO.

La détermination des valeurs des orthophosphates ont suivi la méthode de la spectrophotométrie 8048 HACH DR/2400 par révélation à partir du chlorure mercurique.

Pour finir la turbidité a été révéler par la méthode Merck Turbiquant 1000 IR et lecture automatique au spectrophotomètre.

#### **La détermination de la qualité de l'eau**

La qualité des eaux au Burkina Faso est régie par des normes nationales établies par divers décrets (Tableau 1). La Loi n°006-2013/AN, qui porte sur le code de l'environnement, fixe des principes fondamentaux pour la protection des ressources en eau. En complément, le Décret n°2002-168/PRES/PM/MEE du 17 mai 2002 a été mis en place pour créer et organiser le fonds de dépollution industrielle (FODEPI), visant à financer des actions de dépollution.

Un autre cadre réglementaire important est fourni par le Décret n°2001-185/PRES/PM/MEE du 7 mai 2001, qui établit des normes de qualité pour les eaux, les sols et l'air, bien que certaines de ses dispositions aient été abrogées par le décret n°2015-1205. Enfin, le décret n°2015-1205/PRES-TRANS/PM/MERH/MEF/MARHASA/MS/MRA/MICA/MME/MIDT/MATD, en date du 28 octobre 2015, précise les normes et conditions de déversement des eaux usées, renforçant ainsi la réglementation sur la qualité des eaux.

Quant à la classification du barrage en fonction de la concentration des nutriments, elle se fera à travers son la connaissance de son état trophique. L'état trophique sera défini par

celui de l'OCDE (Tableau 2) (Vollenweider, 1970; Parinet et al., 2004; Mama, 2010).

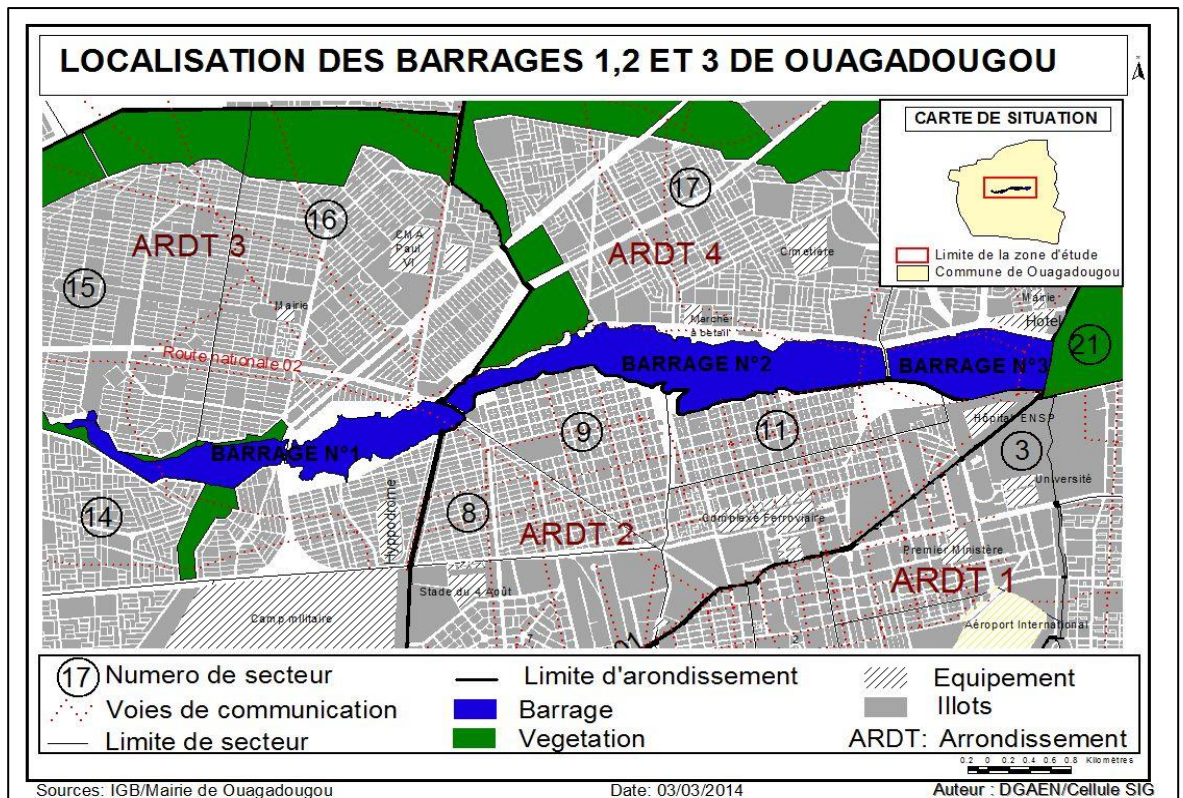
#### **Analyses statistiques**

Nous avons procédé à la manipulation des données pour déterminer la symétrie et test statistiques permettant de voir si les données respectent une distribution normale ou sont dispersées symétriquement autour de la moyenne. Nous avons aussi testé la normalité de toutes les variables.

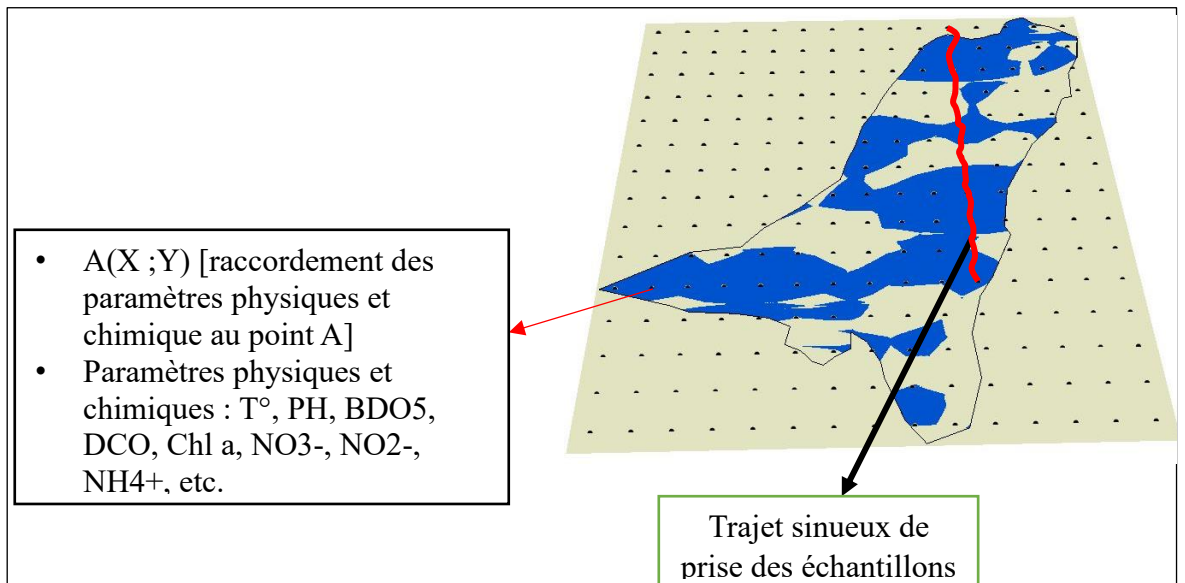
Nous sommes passés par un test pour échantillon unique pour comparer les données de l'échantillon avec une norme avec une règle de décision. Si la p-value est inférieure à 5%, nous rejetons l'hypothèse nulle (H), indiquant une différence significative entre les éléments comparés. Si la p-value est supérieure à 5%, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle, ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence significative.

Le prétraitement s'il est concluant permet de continuer l'analyse par la recherche du lien entre la Chlorophylle A et les différentes variables. Pour ce faire une analyse en composante principale (ACP) se veut nécessaire afin de retenir les variables ayant une bonne qualité de représentation. La pertinence de l'ACP est vérifiée par l'indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour la mesure de la qualité d'échantillonnage, et le test de sphéricité de Barlett qui permet de tester l'hypothèse selon laquelle les variables étudiées ne sont pas corrélées. L'ACP qui permet de retenir les variables expliquant la chlorophylle a permet d'amorcer le calcul du test de VIF (Variance Inflation Factor) permettant de savoir s'il est possible d'avoir des variables explicatives indépendantes.

Les variables restantes sont soumises à la modélisation par l'usage de l'ANOVA pour déterminer les équations finales de liaisons.



**Figure 1 :** Localisation du barrage 2 de Ouagadougou.



**Figure 2 :** Exemple des points d'échantillonnage.

**Tableau 1:** Quelques normes de déversement des eaux (tiré du décret 2015-1205).

Type	Paramètres	Valeurs limites
Les normes de déversements dans le milieu naturel	Azote Kjeldahl	35 mg/l;
	Demande biologique en oxygène	40 mg/l
	Demande chimique en oxygène	150 mg/l
	Ph	6,5 et 9,0
	Phosphore total	70% éliminés des eaux usées traitées
Les normes de déversement dans les réseaux d'assainissement collectif et pour la revalorisation agricole	Température	40°C
	Ph	6,5 - 10,5
	Température	45°C

Source : laboratoire d'analyse des eaux, données terrain

**Tableau 2 :** normes de classification de l'état trophique de l'eau par l'OCDE.

Niveau trophique	Unités	Ultra oligotroph	Oligotro	Mésotrophe	Eutrophe	Hypertrop
		"Très peu nourri"	"Peu nourri"	"Moyennement nourri"	"Trop nourri"	"Vraiment trop nourri"
NO3	µg/L N-NO3		<10	10-30	30-100	>100
PO4	µg/L P-PO4		<2	2 - 5	5-100	>100
Phosphore total	µg/L P	<4	4 - 10	10 - 35	35-100	>100
Chlorophylle a	µg/L	<1	1 - 2,5	2,5 - 8	8 - 25	>25

Source : (Mama, 2010; Vollenweider, 1970).

## RESULTATS

### Caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage

L'analyse des paramètres montrait une relation, montrant que durant la période des hautes eaux, malgré la significativité des concentrations des nutriments, l'eau n'expliquait pas la présence des végétaux dans l'eau. Seuls les nitrates expliquaient la présence des végétaux. En définitive, la variable Température n'avait pas été prise en compte pour la modélisation, car le test de KMO et de l'indice de Bartlett donnait une mauvaise extraction à cette variable. Les statistiques de colinéarité, déterminées par le test VIF, avaient aussi donné des niveaux

inacceptables pour les variables DBO<sub>5</sub> (5,128) et DCO (5,188) car tous supérieurs à 5 (Dupuis et Victoria-Feser 2011). Aussi, Si les Coefficients avaient montré une significativité du lien entre une des variables explicatives et la variable à expliquer supérieure à 0,05, l'hypothèse H<sub>0</sub> pour ce lien ne pouvait être rejetée. Ainsi, les variables Turbidité (significativité = 0,670), Ammonium (significativité = 0,354), conductivités (significativité = 1,000), Orthophosphates (significativité = 0,826), Ph (significativité = 0,193), ne seront pas intégrées à l'explication du comportement de la Chlorophylle A, la variable à expliquer. Seule la variable nitrate parmi les variables explicatives avait permis

d'expliquer la Chlorophylle A. Sa significativité était de 0.

L'analyse durant la saison des basses eaux, a permis d'établir des relations entre la présence de la végétation et les autres variables (paramètres physico-chimiques). Ainsi, les variables Température (significativité = 0,317), Ammonium (significativité = 0,937), DCO (significativité = 0,053), Orthophosphates (significativité = 0,431), PH (significativité = 0,969) et DBO (significativité = 0,064) n'ont pas été intégrées à l'explication du comportement de la Chlorophylle A, la variable à expliquer. Trois variables explicatives permettent d'expliquer la Chlorophylle. Il s'agit des variables Conductivité (significativité = 0,011), Nitrate (significativité = 0,000), Turbidité (significativité = 0,000).

#### **Analyse du PH**

La somme totale des moyennes des données est de 884,51, avec une moyenne calculée à 7,25. Ces valeurs étaient conformes à la norme établie entre 6,5 et 10,5 pour la norme nationale, qui était typiquement observée pendant la période des hautes eaux. Le pH des eaux durant la période des basses eaux présentait une somme totale des moyennes de 453,69, avec une moyenne calculée à 6,98. Ces valeurs se situaient dans la plage normale recommandée de 6,5 à 10,5 pour le pH des eaux douces.

#### **Analyse des ortho phosphates**

Pendant la période des hautes eaux, la concentration totale de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> a atteint 42,553 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, avec une moyenne de 0,348795082 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, respectant la norme de 3,4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L. En revanche, pendant les basses eaux, la concentration totale de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> a été mesurée à 34,89 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, avec une moyenne de 0,537 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L, également conforme à la norme de 3,4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L.

#### **Analyse des nitrates**

Pendant la période des hautes eaux, la quantité totale de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> s'élevait à 1068,48 mg/L, avec une concentration moyenne de 8,78 mg/L, respectant ainsi la norme de qualité de

50 mg/L pour les eaux. En période de basses eaux, la quantité totale de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a été mesurée 1629,89 mg/L, avec une concentration moyenne de 25,08 mg/L, demeurant conforme à la norme de qualité de 50 mg/L pour les eaux.

#### **Analyse de la température**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale des températures mesurées a atteint 3328,7°C, avec une moyenne de 27,28°C, respectant la norme de 45°C. En période de basses eaux, la somme totale des températures enregistrées est de 2094°C, avec une moyenne de 32,22°C, également conforme à la norme de 45°C.

#### **Analyse de la turbidité**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale de la turbidité mesurée a atteint 35086,6 mg turb/L, avec une moyenne de 287,60 mg turb/L, respectant la norme de 8 mg turb/L (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale de la turbidité enregistrée était de 23593,6 mg turb/L, avec une moyenne de 362,98 mg turb/L, également conforme à la norme de 8 mg turb/L.

#### **Analyse de la chlorophylle A**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale de la chlorophylle A mesurée était de 25,81 µg/L, avec une moyenne de 0,212 µg/L, respectant la norme de 10 µg/L (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale de la chlorophylle A enregistrée était de 6531,25 µg/L, avec une moyenne de 100,481 µg/L, également conforme à la norme de 10 µg/L.

#### **Analyse de la conductivité**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale de la conductivité électrique mesurée était de 32990,22 µS/cm, avec une moyenne de 270,412 µS/cm, respectant la norme de 1000 µS/cm (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale de la conductivité électrique enregistrée était de 58296 µS/cm, avec une moyenne de 896,862 µS/cm, également conforme à la norme de 1000 µS/cm.

### **Analyse de la DBO5**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO) était de 1396,08 mg O<sub>2</sub>/L, avec une moyenne de 11,44 mg O<sub>2</sub>/L, respectant la norme de 30 mg O<sub>2</sub>/L (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale de la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours) était de 6056,67 mg O<sub>2</sub>/L, avec une moyenne de 93,18 mg O<sub>2</sub>/L, également conforme à la norme de 30 mg O<sub>2</sub>/L.

### **Analyse de la DCO**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) était de 1955,5 mg O<sub>2</sub>/L, avec une moyenne de 16,03 mg O<sub>2</sub>/L, ce qui respecte la norme de 150 mg O<sub>2</sub>/L (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale de la DCO était de 9773 mg O<sub>2</sub>/L, avec une moyenne de 150,35 mg O<sub>2</sub>/L, également conforme à la norme de 150 mg O<sub>2</sub>/L.

### **Analyse de l'azote ammoniacale**

Pendant la période des hautes eaux, la somme totale d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) était de 193,7 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, avec une moyenne de 1,587704918 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, respectant ainsi la norme de 4 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L (Tableau 6). En période de basses eaux, la somme totale d'ammonium était de 256,42 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, avec une moyenne de 3,9449231 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, également conforme à la norme de 4 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L.

### **Relation entre la teneur en chlorophylle A et les autres paramètres physico-chimiques**

Le Tableau 3 restitue les informations sur le taux de données fiables. Le modèle de la saison des hautes eaux restitue 32,7% (R-deux = 0,327) de l'information exprimée dans les variables de départ. 67,3% de l'information de

départ a été perdue, par contre durant la saison des basses eaux, le modèle restitue 56,6% (le R-deux = 0,566) de l'information exprimée dans les variables de départ.

Le Tableau 4 présente la significativité du modèle ANOVA. La significativité (Sig) testé est inférieure à 0,05 et est de 0 pour les deux saisons. L'hypothèse H<sub>0</sub> d'absence de lien entre les variables explicatives et la Chlorophylle A peut être rejetée. Le modèle est significatif.

Le test VIF (Variance Inflation Factor) fournit des indications sur les variables à retenir pour l'interprétation. L'analyse du test VIF montre les corrélations et mesure les liens entre des paires de variables explicatives (Tableau 5). Une valeur du test VIF de 10 ou supérieure ne doit pas être acceptée ; 5 appelle la vigilance de l'analyste sur la stabilité des résultats ; Certains auteurs limitent le seuil de dépendance acceptable à une valeur du test de VIF égale à 5. D'après le tableau 5, les coefficients montre que tous les liens constituant ce modèle ne sont pas valides. Durant la saison des hautes eaux, la seule variable parmi les variables explicatives qui permet d'expliquer et la Chlorophylle A est la variable Nitrates (significativité = 0,000). Cela permet d'écrire l'équation  $Y = -0,824 + 0,011 X_1 + 0,123$ , ou encore Chlorophylle A =  $-0,824 + 0,011 \text{ Nitrates} + 0,123$ . Durant la saison des basses eaux, trois les variables explicatives permettent d'expliquer la Chlorophylle. Il s'agit des variables Conductivité (significativité = 0,011), Nitrate (significativité = 0,000), Turbidité (significativité = 0,000). Ce qui permet d'écrire l'équation  $Y = 552,006 + -0,446 \times X_1 + 7,775 \times X_2 + 0,160 \times X_3 + 31,01709$  ou Chlorophylle A =  $552,006 + -0,446 \times \text{Conductivité} + 7,775 \times \text{Nitrates} + 0,160 \times \text{Turbidité} + 31,01709$ .



**Tableau 3 :** Modèle 1 de l'analyse de régression linéaire.

Récapitulatif des modèles (saison des hautes eaux)					Récapitulatif des modèles (saison des basses eaux)				
Modèle (saison des hautes eaux)	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation	Modèle (Basses eaux)	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
1	,572 <sup>a</sup>	0,327	0,292	0,1231485	1	0,792 <sup>a</sup>	0,627	0,566	31,01709
a. Prédicteurs : (Constante), PH, Orthophosphates, Nitrates, Turbidité, Ammonium, conductivités					a. Prédicteurs : (Constante), Turbidité, PH, T°C, Nitrates, Ammonium, Orthophosphate, Conductivité, DBO5, DCO				

**Légende :** **R (ou R-corrélation)** : Il s'agit du coefficient de corrélation entre les variables indépendantes (les prédicteurs) et la variable dépendante. **R-deux (R<sup>2</sup>)** : Le coefficient de détermination (R<sup>2</sup>) mesure la proportion de la variance de la variable dépendante qui est expliquée par le modèle. **R-deux ajusté (R<sup>2</sup> ajusté)** : prend en compte le nombre de prédicteurs dans le modèle et corrige l'effet de l'ajout de variables. **Erreur standard de l'estimation** : Il s'agit d'une mesure de la précision de l'estimation du modèle. Plus l'erreur standard est faible, plus les prédictions faites par le modèle sont précises. **Les prédicteurs** : sont les variables indépendantes (ou explicatives) utilisées dans le modèle pour prédire la variable dépendante.

**Tableau 4 :** Résultats du test ANOVA.

ANOVA <sup>a</sup> (Saison des hautes eaux)						ANOVA <sup>a</sup> (Saison des basses eaux)					
Modèle (Saison des hautes eaux)	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.	Modèle (saison des basses eaux)	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
1 Régression	0,848	6	0,141	9,316	,000 <sup>b</sup>	1 Régression	88920,226	9	9880,025	10,27	0,000 <sup>b</sup>
Test de Student	1,744	115	0,015			Test de Student	52913,282	55	962,06		
Total	2,592	121				Total	141833,508	64			
a. Variable dépendante : Chlorophylle A						a. Variable dépendante : Chlorophylle A					
b. Prédicteurs : (Constante), PH, Orthophosphates, Nitrates, Turbidité, Ammonium, conductivités						b. Prédicteurs : (Constante), Turbidité, PH, T°C, Nitrates, Ammonium, Orthophosphate, Conductivité, DBO5, DCO					

**Légende :** **Somme des carrés (SS)** : La sommes des carrés mesure la variation totale des données par rapport à leur moyenne. **Régression** : La variation expliquée par le modèle. **Test de Student (ou résiduels)** : La variation non expliquée par le modèle, c'est-à-dire les erreurs résiduelles. **Total** : La variation totale des données, qui est la somme de la régression et des résidus. **ddl (Degrés de liberté)** : Les degrés de liberté sont associés aux variances et correspondent au nombre de valeurs indépendantes dans un ensemble de données. **Carré moyen (Mean Square - MS)** : Le carré moyen est obtenu en divisant la somme des carrés (SS) par les degrés de liberté (ddl). **F** : Le test F compare la variation expliquée par le modèle à la variation résiduelle. **Sig. (Significativité)** : La valeur de p (ou significativité) indique la probabilité que les résultats observés soient dus au hasard. **Prédicteurs** : Ce sont les variables indépendantes utilisées dans le modèle pour prédire la Chlorophylle A.

**Tableau 5** : Test de VIF des variables.

Modèle (Saison des hautes eaux)	Coefficients <sup>a</sup> (Saison des hautes eaux)					Coefficients <sup>a</sup> (Saison des basses eaux)									
	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.	Statistiques de colinéarité		Modèle (Saison des hautes eaux)	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.	Statistiques de colinéarité	
	B	Erreur standard	Bêta			Tolérance	VIF		B	Erreur standard	Bêta			Tolérance	VIF
1 (Constante)	-0,824	0,717		-	0,253			1 (Constante)	552,006	184,198		2,997	0,004		
				1,148											
Turbidité	6,64E-05	0	0,047	0,427	0,67	0,482	2,075	PH	0,329	8,452	0,004	0,039	0,969	0,736	1,359
AMMONIUM	-0,005	0,005	-0,087	-	0,354	0,677	1,477	T°C	-4,498	4,45	-0,089	-	0,317	0,87	1,149
				0,931								1,011			
Conductivité	-	0	0	-	1	0,493	2,028	Conductivité	-0,446	0,17	-0,254	-	0,011	0,723	1,384
	2,12E-07			0,001								2,626			
Nitrates	0,011	0,002	0,596	6,653	0	0,73	1,37	Ammonium	-0,582	7,386	-0,007	-	0,937	0,75	1,333
												0,079			
Orthophosphate	-0,018	0,082	-0,018	-0,22	0,826	0,854	1,171	DCO	-0,205	0,103	-0,399	-1,98	0,053	0,167	5,989
PH	0,126	0,096	0,105	1,31	0,193	0,919	1,088	Orthophosphate	7,775	9,804	0,077	0,793	0,431	0,727	1,376
<b>a. Variable dépendante : Chlorophylle A</b>								Nitrates	1,465	0,26	0,498	5,626	0	0,865	1,157
								DBO <sub>5</sub>	0,292	0,154	0,322	1,892	0,064	0,234	4,277
								Turbidité	0,16	0,029	0,679	5,526	0	0,45	2,223
<b>a. Variable dépendante : Chlorophylle A</b>															

**Légende :** Coefficients non standardisés (B) : Les coefficients non standardisés (B) représentent l'effet absolu de chaque prédicteur sur la variable dépendante (la Chlorophylle A). Erreur standard : L'erreur standard mesure la variabilité des coefficients estimés. Coefficients standardisés (Bêta) : Les coefficients standardisés (Bêta) permettent de comparer l'importance relative des variables dans le modèle, indépendamment de leurs unités de mesure. t : La statistique t est utilisée pour tester l'hypothèse nulle selon laquelle le coefficient est égal à zéro (c'est-à-dire qu'il n'a pas d'effet significatif). Sig. (Significativité) : La valeur p ou Sig. Indique si le coefficient est statistiquement significatif. Si Sig. < 0,05, cela signifie que le prédicteur a un effet statistiquement significatif sur la variable dépendante. Statistiques de colinéarité : servent à détecter la colinéarité (ou multicollinéarité) entre les prédicteurs.

**Tableau 6 :** Moyennes des données des eaux échantillonnées du barrage.

<b>Données du Barrage n° 2 de Ouagadougou</b>										
<b>Parametres (hautes eaux)</b>	<b>Ph</b>	<b>T°C</b>	<b>Cond</b>	<b>Turbidité</b>	<b>DCO</b>	<b>DBO</b>	<b>NH+4</b>	<b>PO43-</b>	<b>NO3-</b>	<b>Chlor A</b>
Somme	884,51	3328,7	32990,22	35086,6	1955,5	1396,08	193,7	42,553	1068,48	25,81
Moyenne	7,25	27,284	270,41	287,59	16,03	11,44	1,58	0,348	8,758	0,212
NORME	6,5- 10,5	45	1000	8	150	30	4	3,4	50	10
unités	-	°C	µS/cm	287,6mg turb/L	mg O2 /L	mg O2 /L	mg NH4+ / L	mg P2O5 / L	mg NO3- /L	Ug/L
<hr/>										
basses eaux	Ph	T°C	Cond	am	DCO	PO43-	NO3-	DBO5	TURB	Chlor A
Somme	453,69	2094	58296	256,42	9773	34,89	1629,89	6056,67	23593,6	6531,25
Moyenne	6,98	32,22	896,86	3,945	150,35	0,537	25,08	93,18	362,98	100,48
Norme	6,5 -10,5	45	1000	4	150	3,4	50	30	8	10
Unité	-	°C	µS/cm	mg NH4+ / L	mg O2/L	mg P2O5 / L	mg NO3 / L	mg O2 / L	mg turb/L	Ug/L
basses eaux	Ph	T°C	Cond	am	DCO	PO43-	NO3-	DBO5	TURB	Chlor A

Source : Bouda 2023.

## DISCUSSION

L'analyse des paramètres physico-chimique à révéler les résultats sur les nitrates, l'orthophosphate, la chlorophylle a, la turbidité, le PH, la température, l'azote ammoniacal, la conductivité, la demande biochimique en oxygène sur 5 jours, la demande chimique en oxygène. La valeur 8.76 µg/L N-NO<sub>3</sub> qui se situent en dessous de la norme de l'OCDE pour les eaux en situation d'oligotrophie, 0.35 µg/L P-PO<sub>4</sub> pour le PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 0.21 µg/L pour la chlorophylle a ; 7.25 pour la valeur du pH dans les limites qui n'entraîne pas d'incidence sur la DBO<sub>5</sub> et la DCO en terme de désoxygénation (Koji et al., 2022), 287,6 NTU pour la turbidité (Parinet et al., 2000; Maiga et al., 2001; Bouzid-Lagha et Djelita, 2012; Djelita et al., 2015; Tapsoba et al., 2016b).

Suivant les données collectées sur les paramètres physico-chimiques, les valeurs sont les suivantes : les nitrates : 25.06 µg/L N-NO<sub>3</sub> qui se situent en dessous de la norme de l'OCDE pour les eaux en situation d'oligotrophie, 0.54 µg/L P-PO<sub>4</sub> pour le PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 100.48 µg/L pour la chlorophylle a, 6.98 pour la valeur du pH, 362.98 NTU pour la turbidité qui montre une minéralisation du barrage (Seki et al., 2024). Quant à la BDO<sub>5</sub> et la DCO, les valeurs sont respectivement 93.18 mg O<sub>2</sub> / L et 150.35 mg O<sub>2</sub> / L. Nous pouvons conclure que les données obtenues ne sont pas totalement en phase avec la norme. Bouzid-Lagha et Djelita (2012) ; Yapo et al. (2008) ; Tapsoba et al. (2016b), ont aussi trouvé des résultats dont certains nutriments sont conformes à la norme et d'autres hors normes selon la norme choisie. Ainsi selon la norme du ministère de l'Environnement du Burkina les données sont dans une moindre mesure en phase avec la norme à part les données de la chlorophylle a, et la turbidité dont les normes sont respectivement de 10 et de 8, pourtant nos données font état respectif de 100.48 µg/L et de 362.98 NTU.

Pendant la saison des hautes eaux au barrage 2 de Ouagadougou, les analyses révèlent que chaque augmentation de 1 mg/L de nitrate conduit à une hausse de 0,011 U<sub>g</sub>/L de chlorophylle a. Cela souligne l'importance des nitrates dans la prolifération végétale des

plans d'eau, malgré la dilution des eaux observée à cette période (Mama, 2010). Tapsoba et al. (2016) ont trouvé des valeurs conformes aux normes nationales et à l'OMS lors de prélèvements effectués pendant la saison des basses eaux au barrage 3 de Ouagadougou, en septembre, octobre et décembre. En revanche, les études de Mama et al. (2011) sur le lac Nokoué au Bénin durant la saison des hautes eaux ont montré des concentrations réduites de nitrates, attribuables à la dilution accrue des eaux à cette période. L'analyse des prélèvements durant la saison des basses eaux révèle que chaque unité d'augmentation de la conductivité est associée à une diminution de 0,446 unité de chlorophylle a, tandis que chaque unité d'augmentation de nitrate entraîne une augmentation de 7,775 unités de chlorophylle a. De plus, chaque unité d'augmentation de turbidité est liée à une augmentation de 0,160 unité de chlorophylle a. Durant la saison des basses eaux, l'évaporation conduit à des conditions où la conductivité, les nitrates et la turbidité favorisent le développement végétal. Contrairement à la turbidité, qui n'influe pas directement sur la croissance des végétaux comme mentionné par Thornton et al. (1981), le dépôt de nutriments et la turbidité fournissent des substances nutritives pour les plantes flottantes, comme l'ont noté Abou (2012). La conductivité, quant à elle, reflète la minéralisation du barrage, enrichi en ions nutritifs, selon les travaux de Yapo et al. (2008). Quant au niveau de trophie des eaux durant la saison des hautes eaux, le barrage 2 de Ouagadougou est « oligotrophe » et doit suivre une « surveillance active et le maintien d'une activité ainsi qu'une information au public » compte tenu des concentrations élevées des autres paramètres physiques et chimiques de l'eau. La norme de l'OCDE fait état d'un plan d'eau se situant entre « mésotrophie et l'hypereutrophie » durant les basses eaux. Cela renvoie donc à une surveillance active du Barrage et une mise en garde contre les pratiques qui pourraient amplifier ou renvoyer à une situation irréversible de la situation du barrage (Mama, 2010).

## Conclusion

Les résultats de cette recherche mettent en évidence l'impact significatif des niveaux de nitrates, de la conductivité de l'eau et de sa turbidité sur l'activité photosynthétique, avec un risque accru d'eutrophisation, particulièrement pendant la saison des basses eaux. Une turbidité élevée semble restreindre les activités photosynthétiques. Selon le système de classification des eaux de surface, la qualité actuelle est relativement bonne sur le plan physico-chimique, bien que l'état trophique soit classé entre mésotrophe et hypereutrophe selon les critères de l'OCDE (1986). Une intervention gouvernementale est essentielle pour garantir la durabilité des ressources en eau, notamment face à l'avancée de l'ensablement du barrage.

## CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

TPFB a élaboré le protocole de recherche, dirigé les différentes activités sur le terrain, supervisé la collecte des données et les travaux en laboratoire, ainsi que rédigé le manuscrit. BAS a participé à la relecture du manuscrit et a apporté des suggestions pour son amélioration. YSCS a contribué aux travaux sur le terrain, participé à la relecture et à la validation du manuscrit.

## REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude au Projet d'Appui à l'Enseignement Supérieur (PAES).

## REFERENCES

Allorent, J. 2000. Eutrophisation des petites retenues d'eau en Afrique de l'ouest : Étude de trois cas. Mémoire de DIA, Génie de l'environnement, option Transferts hydriques et énergétiques, École nationale supérieure agronomique de Rennes (ENSA), p.53. <https://www.sudoc.fr/092230458>

Belgherbi B, Benabdeli K. 2015. Quelle stratégie pour la préservation des formations de *Quercus suber* (Chêne

liège) en Algérie occidentale tellienne ? *Revue Geo-Eco-Trop.*, **39**(1): 87-100. <https://www.geocotrop.be/index.php?page=numero-39>

Bouid-Lagha S, Djelita B. 2012. Etude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie). *Hydrol Sci J*, **57**: 186–201. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.634417>

Breton E, Crouvoisier M, Caillaud J, Chartier R, Pluchart L, Dewaele. 2018. Diagnostic d'eutrophisation des zones humides chassées des Hauts de France. Rapport d'étude, p. 36. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25125.17120>

Biot N, Bertin P, Leveau L. 2020. Comparaison de méthodes d'évaluation de la fourniture du service écosystémique de la stabilité structurale sur des sols limoneux et limono-sableux en Belgique. PhD Thesis, Université catholique de Louvain, p. 143. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:25112>

Brou YT, Akindès F, Bigot S. 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cah Agric*, **14**: 533–540. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.5174.3368>

Cissé G, Kientga M, Ouédraogo B, Tanner M. 2002. Développement du maraîchage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ? *Cah Agric*, **11**: 31–38. [https://www.researchgate.net/publication/291784505\\_Developpement\\_du\\_maraichage\\_autour\\_des\\_eaux\\_de\\_barrage\\_a\\_Ouagadougou\\_Quels\\_sont\\_les\\_risques\\_sanitaires\\_a\\_prendre\\_en\\_compte](https://www.researchgate.net/publication/291784505_Developpement_du_maraichage_autour_des_eaux_de_barrage_a_Ouagadougou_Quels_sont_les_risques_sanitaires_a_prendre_en_compte)

Dembele B, Gomgnimbou APK, Yaméogo JT, Ouédraogo OW, Hien M. 2023. Etude de la phytodiversité ligneuse dans la bande de servitude de la rivière Kou dans la Province du Houet (Burkina Faso). *J Agric Environ Sci*, **12**: 18–30. DOI: <https://doi.org/10.15640/jaes.v12n1a3>

Dembele B, Gomgnimbou APK, Yaméogo JT, Ouédraogo OW, Hien M. 2023. Détermination du carbone stocké par les ligneux dans la bande de servitude de la

- rivière Kou dans la Province du Houet (Burkina Faso). *Int J Biol Chem Sci*, **17**: 281–292. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.20>
- Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE). 2019. Rapport de synthèse : Synthèse de suivi des ressources en eau de 2018. DGRE. <https://pariis.net/bibliotheque/items/show/241>. Consulté le 5 novembre 2024.
- Dupuis DJ, Victoria-Feser MP. 2013. Robust VIF regression with application to variable selection in large data sets. *Ann. Appl. Stat.*, **7**(1): 319-341. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1304.5349>
- Drabo K, Yameogo J, Sawadogo L. 2016. Examen de la gestion et stratégies de protection des berges du Lac Bam à Kongoussi au Centre-Nord du Burkina Faso. *Int J Biol Chem Sci*, **10**: 944–956. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.3>
- Gomis D, Mbengue NP, Badiane SD, Thiaw-Benga AD, Guisse A, Ndiaye A. 2023. Potentialités et avantages économiques de la mangrove dans la lutte contre le réchauffement climatique : cas de l'arrondissement de Djilor (Fatick, Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(1): 154-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.12>
- Jacquet S. 2005. Impact des apports en nutriments sur le réseau trophique planctonique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, p. 279. <https://theses.hal.science/tel-00962269v1>
- Koji E, Tchakonté S, Missoup AD, Mamert OF. 2022. Qualité des eaux et peuplements planctoniques du fleuve Ntem (Sud-Cameroun) en relation avec l'aménagement du barrage hydroélectrique de Memve'ele. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(4): 1775-1794. DOI: <http://10.4314/ijbcs.v16i4.33>
- Mama D. 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). PhD thesis, Université de Limoges, 177p. [https://www.semanticscholar.org/paper/M%C3%A9thodologie-et-r%C3%A9sultats-du-diagnostic-de-du-lac-%3A-Mama/eb3929685b84b9eeaa6b3b7c7397d2d58a395187?utm\\_source=direct\\_link](https://www.semanticscholar.org/paper/M%C3%A9thodologie-et-r%C3%A9sultats-du-diagnostic-de-du-lac-%3A-Mama/eb3929685b84b9eeaa6b3b7c7397d2d58a395187?utm_source=direct_link)
- Mama D, Deluchat V, Bowen J, Chouti W, Yao B, Gnon B, Baudu M. 2011. Caractérisation d'un système lagunaire en zone tropicale : Cas du lac Nokoué (Bénin). *Eur. J. Sci. Res.*, **56**(4): 516-528. <https://unilim.hal.science/hal-00654657v1>
- Matthews E, Fung I. 1987. Methane emission from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources. *Glob Biogeochem Cycles*, **1**: 61–86. DOI: <https://doi.org/10.1029/GB001i001p00061>
- Mitsch WJ, Gosselink JG. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecol Econ*, **35**: 25–33. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00165-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8)
- Nitiéma LW, Savadogo B, Zongo D, Kaboré A, Traoré AS, Dianou D. 2013. Microbial quality of wastewater used in urban truck farming and health risks issues in developing countries: Case study of Ouagadougou in Burkina Faso. *J. Environ. Prot.*, **4**(6): 567-574. DOI: <http://doi.org/10.4236/jep.2013.46067>
- Parinet B, Lhote A, Legube B. 2004. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management—application to a tropical lake system. *Ecol Model*, **178**: 295–311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.007>
- Parinet B, Lhôte A, Legube B, Gbongue MA. 2000. Analytical and statistical study of a lake system under various processes of eutrophication. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, **13**(3): 237-267. DOI: <https://doi.org/10.7202/705393ar>
- Pinay G, Gascuel C, Ménesguen A, Souchon Y, Le Moal M, Levain A, Etrillard C, Moatar F, Pannard A, Souchu P. 2018. L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Éditions

- Quae, 175 p. <https://hal.science/hal-01789485>
- Ralph DTK. 2020. Modélisation de la qualité de l'eau et bilan des nutriments azote et phosphore dans le bassin versant de la rivière des Hurons. Mémoire, Québec, Maîtrise en sciences de l'eau, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, p. 258. <https://espace.inrs.ca/id/eprint/10368>
- Sawadogo R, Guiguemde I, Diendere F, Diarra J, Bary A. 2012. Caractérisation physico-chimique des eaux résiduaires de tannerie: cas de l'usine TAN ALIZ à Ouagadougou/Burkina Faso. *Int J Biol Chem Sci*, **6**: 7087–7095. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.43>
- Seki TO, Yapo WT, Kpaibé SAP, Meless DFR, Amin NC. 2024. Analytical study on [title of the article]. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **18**(1): 311-325. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i1.26>
- Tapsoba F, Kere F, Diarra J, Barry A, Sawadogo-Lingani H, Dianou D, Dicko M. 2016. Etude de l'évolution des éléments précurseurs d'eutrophisation des eaux du Barrage n°3 de Ouagadougou, Burkina Faso. *Int J Biol Chem Sci*, **10**: 846–859. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.32>
- Thiam A. 2018. Étude de la flore, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférants dans le Delta du fleuve Sénégal et le lac de Guiers (Sénégal). PhD thesis, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, p. 255. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/329416391\\_Etude\\_de\\_la\\_flore\\_de\\_la\\_vegetation\\_et\\_des\\_macrophytes\\_aquatiques\\_proliferants\\_dans\\_le\\_Delta\\_du\\_fleuve\\_Senegal\\_et\\_le\\_lac\\_de\\_Guiers\\_Senegal](https://www.researchgate.net/publication/329416391_Etude_de_la_flore_de_la_vegetation_et_des_macrophytes_aquatiques_proliferants_dans_le_Delta_du_fleuve_Senegal_et_le_lac_de_Guiers_Senegal)
- Thornton KW, Kennedy RH, Carroll JH, Walker WW, Gunkel RC, Ashby SL. 1981. Reservoir sedimentation and water quality—An heuristic model. *Surface Water Impoundments*, 654-664. [https://www.semanticscholar.org/paper/Reservoir-Sedimentation-and-Water-Quality-An-Model-Thornton-Kennedy/59eaffd9dbd2d24a07fdcae66debd1e699e8c158?utm\\_source=direct\\_link](https://www.semanticscholar.org/paper/Reservoir-Sedimentation-and-Water-Quality-An-Model-Thornton-Kennedy/59eaffd9dbd2d24a07fdcae66debd1e699e8c158?utm_source=direct_link)
- Vollenweider RA. 1970. Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. Rapport de recherche, Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 217 p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01512931>
- Yapo OB, Mambo V, Abiba ST, Houenou PV. 2008. 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). *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, **25**: 87-108. [https://www.semanticscholar.org/paper/Etude-Analytique-des-Caract%C3%A9ristiques-Chimiques-Lac-Ossey-Mambo/2c130af03206cad03ce8cff541760954e2b15a9d?utm\\_source=direct\\_link](https://www.semanticscholar.org/paper/Etude-Analytique-des-Caract%C3%A9ristiques-Chimiques-Lac-Ossey-Mambo/2c130af03206cad03ce8cff541760954e2b15a9d?utm_source=direct_link)
- Zare A. 2015. Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles dans une zone humide tropicale: une approche intégrée appliquée au cas du delta intérieur du fleuve Niger (Mali). PhD Thesis, Université Montpellier ; Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, p. 214. <https://theses.hal.science/tel-02044246v1>
- Zoungrana TD, Combelem O. 2016. Déterminants de la participation des populations riveraines à la protection des retenues d'eau en milieu urbain : cas des barrages no. 1, 2 et 3 de la ville de Ouagadougou au Burkina Faso. *J Ouest-Afr Sci Gest*, **1**: 72–96. [https://www.researchgate.net/publication/362396941\\_Determinants\\_de\\_la\\_participation\\_des\\_populations\\_riveraines\\_a\\_la\\_protection\\_des\\_retenues\\_d'eau\\_en\\_milieu\\_urbain\\_cas\\_des\\_barrages\\_no\\_1\\_2\\_et\\_3\\_de\\_la\\_ville\\_de\\_Ouagadougou\\_au\\_Burkina\\_Faso](https://www.researchgate.net/publication/362396941_Determinants_de_la_participation_des_populations_riveraines_a_la_protection_des_retenues_d'eau_en_milieu_urbain_cas_des_barrages_no_1_2_et_3_de_la_ville_de_Ouagadougou_au_Burkina_Faso)