



Caractérisation hydrologique et physico-chimique saisonnière de la Rivière Kwenge dans le Territoire de Bulungu, Province du Kwilu en RD Congo

Berthe KAZABA KUMUTIMA^{1,2}, Willy LUSASI SWANA^{2,3}, Jean MANGAMBA ZIATA^{2,4}, José MBIMBI MAYI MUNENE², John TEMBENI MAKIADI^{2,3}, MBOMBA N'SEU Bekeli^{2,3} & Victor PWEMA KIAMFU^{2,3}

¹Section des Sciences Exactes, Département de Biologie-Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Feshi (ISP/Feshi), Kwango, République démocratique du Congo

²Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190, Kinshasa XI, R.D. Congo

³Laboratoire de limnologie, Hydrobiologie et aquaculture, Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190, Kinshasa XI, R.D. Congo

⁴Section des Sciences Exactes, Département de Biologie-Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Masi-Manimba (ISP/Masi), Kwilu, République démocratique du Congo

*Correspondant, E-mail : willy.lusasi@unikin.ac.cd; Tél: 00243 813 662 026 ; ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-2526-7903>

Submitted 17/04/2026, Published online on 31/05/2026 in the <https://www.m.elewa.org/journals/journal-of-applied-biosciences-about-jab/> <https://doi.org/10.35759/JABs.220.5>

RÉSUMÉ

Objectif : En République Démocratique du Congo, les eaux de surface subissent d'intense pression humaine due à l'expansion des initiatives agricoles, industrielles et ménagères. Cette étude a pour objectif d'analyser les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques des eaux de la rivière Kwenge dans le tronçon du territoire de Bulungu dans la province du Kwilu en RD Congo dans le but de contribuer à la connaissance des caractéristiques abiotiques de cet écosystème aquatique.

Méthodologie et résultats : Les données ont été récoltées durant seize mois entre 2024 et 2025 couvrant la saison sèche et la saison de pluies à travers la caractérisation des paramètres hydrologiques, physiques et chimiques *in situ* comme *ex situ*. Les résultats obtenus montrent que de manière générale, l'eau de la rivière Kwenge présentent des caractéristiques abiotiques favorables pour la survie et la stabilité des organismes hydrobiologiques malgré la présence de quelques activités anthropiques recensées le long de la rivière dans les sites d'étude. L'eau de la rivière Kwenge est chaude durant la saison sèche comme la saison de pluies (Température comprise entre 24,4±0,44 °C sur le site Bumba durant la saison sèche et 26,55±0,17 °C sur le site Pont Kwenge durant la saison de pluies). La conductivité reste modérée dans l'eau durant la saison sèche (conductivité comprise entre 8,5±0,7 µS/cm au site de Bumba et 8,8±0,48 µS/cm au Pont Kwenge) comme la saison de pluies (conductivité comprise entre 8,8±0,48 µS/cm au site Bumba et 13,46±0,97 µS/cm au site Lusanga). Les eaux sont moins troubles (4,33±0,59 UNT à Bumba et 5,33±0,44 UNT à Lusanga durant la saison sèche puis entre 5,33±0,89 UNT à Bumba et 7,9±0,89

UNT à Lusanga) et très transparentes, témoignant ainsi un faible taux des particules solides organiques et non organiques dissoutes. Le potentiel d'hydrogène a montré que l'alcalinité la plus élevée a été relevée durant la saison sèche dans le site Pont Kwenge ($5,16\pm 0,02$) et le plus faible à Lusanga ($5,73\pm 0,2$). La teneur en oxygène dissous reste élevée durant la saison de pluies ($5,08\pm 0,00$ mg/L à Lusanga et $5,67\pm 0,05$ mg/L à Bumba) par rapport à la saison sèche ($4,52\pm 0,05$ mg/L à Lusanga et $4,95\pm 0,00$ mg/L à Bumba). Les valeurs moyennes de magnésium, calcium, nitrates et phosphates dans l'eau de la rivière Kwenge étudiées sont très variables et très élevées durant la saison sèche.

Conclusion et application des résultats: Cette étude a montré que les caractéristiques hydrologiques et physico-chimiques de la rivière Kwenge sont tributaires des saisons au cours de l'année. Les résultats de cette étude sont d'une grande importance dans la mise en place des programmes de gestion intégrées des plans d'eaux et de la biodiversité aquatique. La poursuite des recherches orientées cette fois-ci sur les inventaires de la biodiversité aquatique dans la rivière Kwenge contribueront à faire un lien entre la qualité écologique des habitats et la richesse taxinomique.

Mot Clés : Caractéristiques Abiotiques, Physico-chimie, Activités Anthropiques Saisonnalité, Rivière Kwenge

Seasonal Hydrological and Physicochemical Characterization of the Kwenge River in Bulungu Territory, Kwilu Province, Democratic Republic of the Congo

ABSTRACT

Objective: In the Democratic Republic of the Congo, surface water is under intense human pressure due to the expansion of agricultural, industrial and domestic activities. The aim of this study is to analyze the hydrological, physical and chemical characteristics of the waters of the Kwenge River in the Bulungu territory of Kwilu Province in the DRC, with a view to contributing to our understanding of the abiotic characteristics of this aquatic ecosystem. *Methodology and results:* Data were collected over a period of sixteen months between 2024 and 2025, covering both the dry and wet seasons, through the characterization of hydrological, physical and chemical parameters both in situ and ex situ. The results obtained show that, in general, the water of the Kwenge River exhibits abiotic characteristics favorable to the survival and stability of hydrobiological organisms, despite the presence of some anthropogenic activities recorded along the river at the study sites. The water of the Kwenge River is warm during both the dry season and the rainy season (temperatures ranging from 24.4 ± 0.44 °C at the Bumba site during the dry season to 26.55 ± 0.17 °C at the Pont Kwenge site during the rainy season). Conductivity remains moderate in the water during the dry season (conductivity ranging from 8.5 ± 0.7 µS/cm at the Bumba site to 8.8 ± 0.48 µS/cm at Pont Kwenge) as well as during the rainy season (conductivity ranging from 8.8 ± 0.48 µS/cm at the Bumba site and 13.46 ± 0.97 µS/cm at the Lusanga site). The water is less turbid (4.33 ± 0.59 UNT at Bumba and 5.33 ± 0.44 UNT at Lusanga during the dry season, and between 5.33 ± 0.89 UNT at Bumba and 7.9 ± 0.89 UNT at Lusanga) and highly transparent, indicating a low concentration of dissolved organic and inorganic solid particles. The pH value showed that the highest alkalinity was recorded during the dry season at the Pont Kwenge site (5.16 ± 0.02) and the lowest at Lusanga (5.73 ± 0.2). Dissolved oxygen levels remain high during the wet season (5.08 ± 0.00 mg/L at Lusanga and 5.67 ± 0.05 mg/L at Bumba) compared to the dry season (4.52 ± 0.05 mg/L at Lusanga and 4.95 ± 0.00 mg/L at Bumba). The average values for

magnesium, calcium, nitrates and phosphates in the water of the Kwenge River studied are highly variable and very high during the dry season.

Conclusion and application of results: This study has shown that the hydrological and physico-chemical characteristics of the Kwenge River vary with the seasons throughout the year. The results of this study are of great importance for the implementation of integrated management programmes for water bodies and aquatic biodiversity. Further research, this time focusing on inventories of aquatic biodiversity in the Kwenge River, will help establish a link between the ecological quality of habitats and taxonomic richness.

Keywords: Abiotic characteristics, Physico-chemistry, Anthropogenic activities, Seasonality, Kwenge River

INTRODUCTION

Apparemment stable dans son lit mineur, la rivière constitue en fait un écosystème vivant qui évolue progressivement au fil des périodes saisonnières (Merlier, 2017). Il est admis qu'une rivière est en bonne santé si elle est dépourvue de matières toxiques et abrite une biodiversité riche et diverse (Reyjol *et al.*, 2012). L'évaluation de la qualité chimique et écologique des rivières s'effectue par le biais d'un suivi régulier de plusieurs centaines d'indicateurs (Reyjol *et al.*, 2012). Selon la DCE, l'évaluation d'un cours d'eau englobe deux dimensions : une dimension chimique et une dimension biologique. Par conséquent, la bonne santé d'un cours d'eau ne se limite pas à une excellente qualité de l'eau, mais également un fonctionnement optimal des écosystèmes aquatiques (Coste, 1982 ; Bramard, 2013). Cela se mesure par des critères de qualité biologique des animaux (poissons, invertébrés), végétale (végétation aquatique), physico-chimique (phosphore, nitrate, pH) et hydromorphologique (condition des rives, continuité du cours d'eau, etc.) (Bramard, 2013 ; Wansende *et al.*, 2024). Parallèlement, l'évaluation de la qualité des cours d'eau permet d'apprécier l'état de fonctionnement des écosystèmes aquatiques, la préservation des espèces et des habitats d'importance communautaire ou non (Mukwita *et al.*, 2023). La dégradation de la qualité d'un cours d'eau met en péril la biodiversité qui y habite et peut amener à l'extinction des espèces les plus vulnérables (Iungbi *et al.*, 2019a). Dans cette

situation, seules les espèces les plus robustes parviennent à survivre dans un cours d'eau de mauvaise qualité, entraînant ainsi une faible diversité. Il peut également y avoir des menaces pour la santé et la sécurité des personnes (Bramard, 2013 ; Iungbi *et al.*, 2019b ; Mukwita *et al.*, 2023). La baignade peut présenter des risques, notamment en raison de la prolifération de bactéries ou d'algues microscopiques potentiellement nuisibles (Iungbi *et al.*, 2019b). A titre d'illustration, une dégradation chimique peut entraîner la restriction de la consommation des poissons, touchant à la fois la pêche professionnelle et artisanale (Bashige *et al.*, 2026). Tout comme les éleveurs qui ont besoin d'eau potable pour leur bétail et les agriculteurs, les piscicultures qui prélèvent l'eau dans un cours d'eau sont également tributaires de la qualité de cette eau (Iungbi *et al.*, 2019b ; Bashige *et al.*, 2026). Dotée d'un réseau hydrographique extrêmement dense, la République Démocratique du Congo, qui détient la seconde plus grande réserve d'eaux douces au monde, est composée principalement du Fleuve Congo et de ses nombreux affluents, sous-affluents, petits cours d'eau, lacs, étangs, mares et marigots forestiers (Boika *et al.*, 2021, 2022). La pêche artisanale y occupe la deuxième place en termes d'activités économiques après l'agriculture dans les zones rurales (Ndunga *et al.*, 2024). Fort malheureusement, la majorité des recherches disponibles et actualisées sur

l'hydrobiologie sont plus concentrées sur le cours principal du Fleuve Congo (Mbadu, 2011 ; Pwema, 2014 ; Tembeni, 2017), quelques affluents (Mbimbi, 2013 ; Monsembula, 2018 ; Pwema *et al.*, 2023) et dans les lacs (Zanga *et al.*, 2022 ; Boika *et al.*, 2025) facilement accessibles et souvent situés près de grands centres urbains aux détriments de certains cours d'eau qui ne sont pas explorés jusque-là. La rivière Kwenge, l'une des rivières constituant le réseau hydrographique de la rivière Kasai fait partie de ces rivières qui demeurent non exploitées du point de vue scientifique et dont les données sur le point de vue hydrobiologique n'existent pas à notre connaissance. Par ailleurs, depuis plusieurs années, la disparition graduelle de la faune et de la flore aquatique est observée à travers le monde (FAO, 2009). Fondamentalement, le changement climatique ainsi que les activités humaines menacent de plus en plus les milieux aquatiques et leurs ressources (Pwema *et al.*, 2023). Compte tenu des perturbations et des dangers qui pèsent actuellement sur les écosystèmes aquatiques, une compréhension approfondie de leurs caractéristiques abiotiques peut encourager la mise en place de

mesures performantes pour leur préservation et leur exploitation équilibrée (Boika *et al.*, 2021). L'évaluation concernant la qualité des eaux de surface repose sur l'analyse de facteurs physico-chimiques et l'observation d'organismes et micro-organismes aquatiques, qui sont des indicateurs de l'état des écosystèmes aquatiques (Zinsou *et al.*, 2016). Ainsi, la réalisation de recherches basées sur ces éléments est primordiale pour une gestion et exploitation rationnelle des plans d'eau à l'échelle nationale ou régionale. Il est donc essentiel de bien comprendre les environnements aquatiques pour assurer leur protection et parvenir à leur bon état (Munganga *et al.*, 2020 ; Bashige *et al.*, 2026). C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif d'analyser les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques des eaux de la rivière Kwenge dans le tronçon du territoire de Bulungu de la province du Kwilu en RD Congo. Les résultats de cette recherche contribueront à la connaissance des caractéristiques abiotiques de l'écosystème aquatique sous étude et, orienteront à la mesure du possible les actions à mener pour sa persévération.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude : Cette étude est conduite sur la rivière Kwenge, située à 20 kilomètres de la ville de Kikwit dans la province du Kwilu. Cette rivière prend sa source à la frontière congolo-angolaise et coule du Sud vers le Nord sur une distance de plus de 400 kilomètres avant de se jeter sur la rivière Kwilu au niveau de Lusanga. Trois sites d'échantillonnage (figure 1) notamment : Bumba en amont (situé

à 05° 09' 09,5'' de longitude Est, 018° 39'' 58,2'' de latitude Sud et 380 mètres d'altitude), Pont Kwenge au milieu (situé à 04° 57' 38,0'' de longitude Est, 018° 39''46,6'' de latitude Sud et 354 mètres d'altitude) et Lusanga en aval vers l'affluent en jonction avec la rivière Kwilu (situé à 04° 50' 17,2'' de longitude Est, 018° 43'' 58,3'' de latitude Sud et 352 mètres).

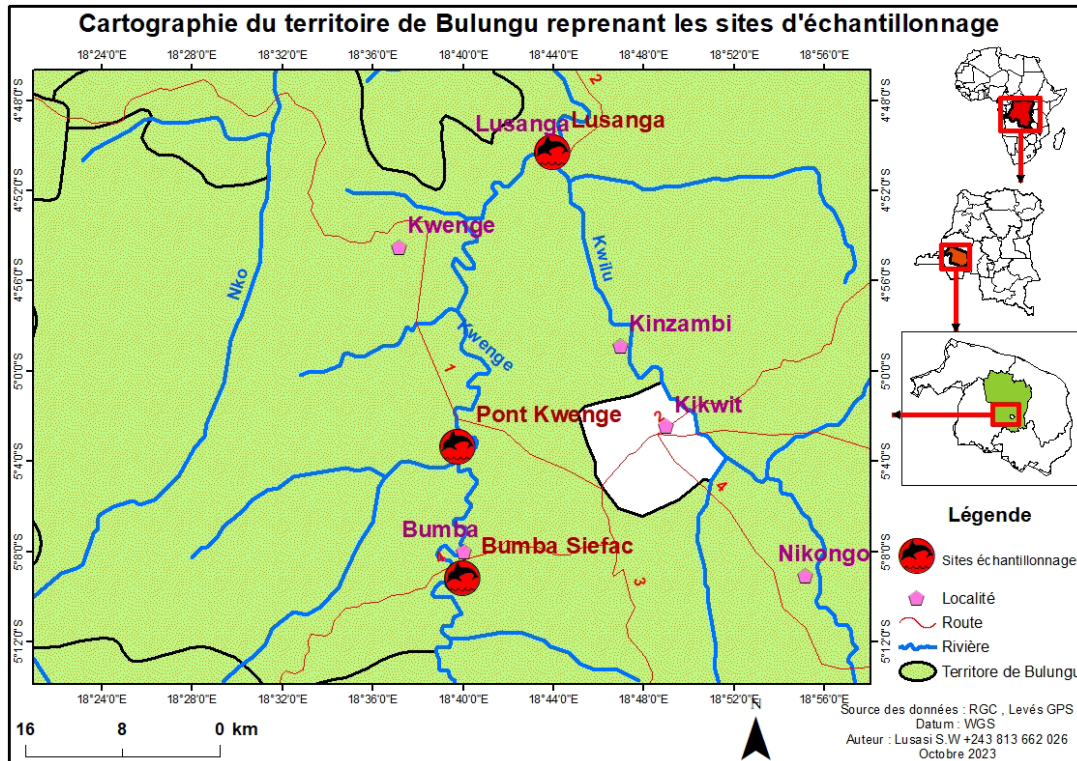


Figure 1 : Cartographie du territoire de Bulungu reprenant les sites d'études prospectés le long de la rivière Kwenge dans le cadre de cette étude

Kwenge comme affluent de la rivière Kwilu et sous affluent de Kasai, est une rivière qui jouit des eaux des différents sous affluents considérés, citons : Yembesi, Lubamba, Musangu, Kenjilwengu, Lungani, Vula et Shimbi. Ces deux derniers prennent place dans le tronçon compris entre Bumba et Lusanga et font face à deux secteurs (Kipuka et Kwenge) faisant partie du territoire de Bulungu. La rivière Kwenge traverse deux provinces, celle du Kwango en amont et Kwilu en aval où elle baigne dans un climat tropical humide à tendance équatoriale du type AW₃ selon la classification de Koppen (Masens, 1997).

Ce climat se distingue par deux principales saisons : la saison sèche et la saison pluvieuse, disjointes par une courte saison sèche qui s'intercale entre janvier et février (Pwema et al., 2023). La saison sèche s'étend sur trois mois, de mai à août. La période des pluies dure 9 mois (elle débute en théorie le 15 août et finit autour du 15 mai) (Masens, 1997). Ces sites ont été considérés à cause de l'importance des

activités anthropiques exercées dans chaque point, de leur accessibilité ainsi que de la régularité des activités de pêche de l'amont vers l'aval de la rivière Kwenge. Du point de vue géographique, les sites d'échantillonnage se présentent comme suit :

Site Bumba: situé à 25 Km du Sud de Kikwit et en amont de Pont Kwenge, qui dans son ancienne appellation Bumba SIEFAC, était dans le temps une société industrielle d'exploitation forestière et culturelle et qui aujourd'hui non fonctionnelle est le lieu qui assure la communication entre Kikwit et Masi-Manimba Sud par son traversée par bac passant par Kwenge Sud ;

Site Pont Kwenge est situé sur la route nationale n°1, à une vingtaine de kilomètre de Kikwit. Il relie Kikwit de Kinshasa par la traversée d'un pont portant le nom de ladite rivière. Différentes activités anthropiques s'y déroulent (notamment le petit commerce, pêche artisanale, rouissage, bûcheronnage);

Site Lusanga est le lieu de confluence de deux rivières clés de la province du Kwilu (Kwilu et Kwenge). Ce site tire son nom de la cité de Lusanga qui héberge encore les restes des installations de la société de palmerais de UNILEVERS qui est aux arrêts depuis plusieurs années.

Méthodologie

Période d'échantillonnage: La caractérisation hydrologique, physique et chimique de l'eau de la rivière Kwenge étudiée a été réalisée pendant une période de seize mois répartie en deux phases couvrant la saison sèche et la saison de pluies qui se sont étalées de la manière ci-après:

La première phase de quatre (4) mois est constituée par les mois de la saison sèche notamment: Mai, Juin, Juillet et Août de 2024 et 2025;

La deuxième phase est aussi constituée de quatre (4) mois de la saison de pluies notamment: Novembre, Décembre, Janvier et Avril de 2024 et 2025.

Caractérisation abiotiques de la rivière Kwenge: Afin de décrire les habitats explorés sur divers sites d'investigation le long de la rivière Kwenge et d'établir les conditions auxquelles sont confrontées les ressources aquatiques présentes dans ces écosystèmes, une évaluation a été effectuée sur quelques paramètres hydrologiques, physiques et chimiques.

Analyse des caractéristiques hydrologiques: Deux paramètres hydrologiques notamment: la largeur du lit et la profondeur ont été évalués dans les sites Bumba, Pont Kwenge et Lusanga dans la rivière Kwenge. La largeur du lit a été mesurée à l'aide d'un fil nylon marqué en mètre à l'aide d'un mètre ruban de 0,1 m près. La profondeur a été mesurée à l'aide d'un bâton souple et maniable d'une portée de 10 mètres portant les insignes marqués en mètres à l'aide d'un stylo marqueur. Ainsi, les deux paramètres hydrologiques ont été mesurés à trois différents sites sur chaque site d'échantillonnage.

Analyse des paramètres physiques: Cinq (5) paramètres physiques notamment: la température ($^{\circ}\text{C}$), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la turbidité (UNT), la transparence (cm) ainsi que la vitesse d'écoulement (m/s) de l'eau de surface ont été prélevés *in situ* sur chaque site d'échantillonnage sur la rivière Kwenge. Les trois premiers paramètres ont été mesurés par le biais d'un appareil polyparamétrique de marque EZ-9909SP Water Quality Tester. La sonde était plongée à cinq (5) cm de la profondeur d'eau pour le prélèvement de chacun de ces trois paramètres. La transparence de l'eau a été évaluée à l'aide d'un disque de SECCHI et la vitesse d'écoulement a été évaluée à l'aide de la méthode empirique utilisant des flotteurs lestés sur une distance de vingt (20) mètres entre le point A (premier observateur) et point B (deuxième observateur).

Analyse des paramètres chimiques: Huit paramètres chimiques ont été évalués dans l'eau de la rivière Kwenge au cours de cette étude. Il s'agit entre autre du potentiel d'hydrogène, l'oxygène dissous (mg/L), demande chimique en oxygène (mg/L), demande biochimique en oxygène (mg/L), les ions magnésiums (mg/L), calcium (mg/L), nitrates (mg/L) et phosphates (mg/L). Le potentiel en hydrogène et l'oxygène dissous ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètres *6-en-1* de marque YK-100 Smart. En ce qui concerne le dosage des ions majeurs, des échantillons d'eau de la rivière Kwenge ont été prélevés lors de descentes de terrain et gardé dans de galons de 500 ml en polyéthylène préalablement stérilisés et nettoyés avec l'eau du site à contenir. Après collecte, les échantillons d'eau de la rivière Kwenge ont été gardés au froid dans une glacière suivant les normes du protocole ISO 5667-3 et ISO 5667-12 ainsi que AFNOR NF T 90-023 déterminant les conditions de prélèvement, conditionnement et transport des échantillons d'eaux destinés aux analyses chimiques au laboratoire (AFNOR, 2009). Les

échantillons ont par la suite été renvoyés au laboratoire pour effectuer les évaluations nécessaires. Les analyses chimiques de l'eau de la rivière Kwenge ont été effectuées au Laboratoire de Physique des sols et d'Hydrologie du Commissariat Général à l'Energie du Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (CGEA/CREN-K) à l'aide d'un spectrophotomètre de marque ED-XRF Xepos III assisté par ordinateur et un spectrophotomètre (UV) de marque HACH DR/2400 suivant le protocole standardisé et interne du laboratoire.

Dénombrement des activités anthropiques:

Les activités anthropiques constituent des menaces pour la stabilité des écosystèmes aquatiques et leurs ressources à travers la modification profondément ou non des caractéristiques abiotiques des écosystèmes. Dans le cadre de cette étude, les activités anthropiques ont été recensées dans chaque site d'échantillons prospectés le long de la rivière Kwenge tenant compte de l'influence de la pression de ces activités dans les écosystèmes. Ainsi, sur chaque site, les activités ont été dénombrées le long de bassin versant, dans l'eau et leurs environs. La nature ainsi que l'intensité de chaque activité ont été mises en évidence.

Analyses multivariées

Analyse de classification hiérarchique ascendante: Les études d'assemblage sont effectuées afin de réunir les composants écologiques ou unités d'échantillonnage possédant des traits semblables à une variable précise (Boika *et al.*, 2022 ; Luizi *et al.*, 2024). Elles se fondent sur l'évaluation des distances de similarité entre les entités écologiques analysées, exprimée sous forme de dendrogramme (Piélou, 1984 ; Pwema, 2014). Dans le contexte de la présente étude, la classification hiérarchique ascendante (CHA) a permis de regrouper les sites d'échantillonnage le long de la rivière Kwenge en vue de déceler leur affinité sur base des caractéristiques hydrologiques, physiques et

chimiques des eaux de la rivière prospectée. Ainsi, cette analyse a été effectuée en fonction des valeurs moyennes des paramètres hydrologiques, physiques et chimiques relevées durant la saison sèche et de pluies.

Analyses en Composantes Principales:

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une technique exhaustive et d'exploration visant à exploiter d'une façon réductive le renseignement présente dans une grille d'éléments (Fangstrom et Willén, 1987 ; Palmer, 1993). Il s'agit d'une méthode qui facilite l'organisation des entités écologiques le long d'axes bi ou multidimensionnels, sur la base des informations concernant la composition particulière (Boika *et al.*, 2022). L'ACP vise principalement à rationaliser et compacter une somme d'informations, aboutissant à une figure où les composantes écologiques sont symbolisées par des points. Il convient de noter que la matrice dispose en rangée des stations (sites) et en colonne les paramètres ou variables examinés. Selon une représentation graphique issue d'une ACP, les points qui se trouvent à proximité les uns des autres représentent des entités écologiques présentant des caractéristiques semblables (Ter Braak et Smilauer, 1998). A l'opposé, les points éloignés correspondent à des entités écologiques différentes pour les variables abiotiques concernées qui, sont représentés par des flèches. L'interprétation d'une telle représentation repose sur les axes qui expriment la plus grande variabilité en pourcentage plus élevé ; il s'agit des valeurs propres des axes (Ter Braak et Smilauer, 1998). La taille de la flèche dans l'ordination représente l'importance de la variable environnementale. Aussi, la direction montre comment la variable environnementale est corrélée aux divers axes (Ter Braak et Smilauer, 1998). Dans le contexte de cette étude, l'ACP a été utilisée pour caractériser la variabilité du milieu en fonction des saisons de l'année sur base des variables abiotiques mais aussi pour évaluer la ressemblance des sites

d'échantillonnage en termes de ces paramètres abiotiques. Dans le contexte de la présente étude, les paramètres hydrologiques, physiques et chimiques relevés dans les différents sites prospectés le long de la rivière Kwenge ont été utilisés.

Traitement et analyses statistiques des données: Les données obtenues de différentes analyses ont été encodées sur une base des données créée avec le logiciel Excel 2013. Les moyennes ainsi que les écart-types des paramètres hydrologiques, physiques et chimiques ont été calculés avec le même logiciel précité. Pour relever la différence de la variation entre les valeurs moyennes des paramètres abiotiques évalués, l'analyse de la variance à un facteur de classification (ANOVA One Way) (Scherrer, 1984) à travers

le test de Fisher (Saville, 1990) ; associé au test post hoc de Tukey HSD (Honesty Significant Difference) a été utilisée à l'intervalle de 95% de confiance grâce au logiciel Statistix version 8. Les résultats obtenus après les traitements et les analyses des données repris dans des tableaux et graphiques. Le logiciel Origin 6.1 a été utilisé pour dresser les graphiques en histogrammes sur la variation des paramètres hydrologiques, physiques et chimiques. Le logiciel PAST (Paleontological Statistics) a été utilisé pour dresser les graphiques des analyses de classification hiérarchique ascendante et en composantes principales. Le schéma de la zone d'investigation a été établi à l'aide du logiciel QGIS, en se basant sur les données de localisation (longitude et latitude) collectées avec un GPS GARMIN Etrex.

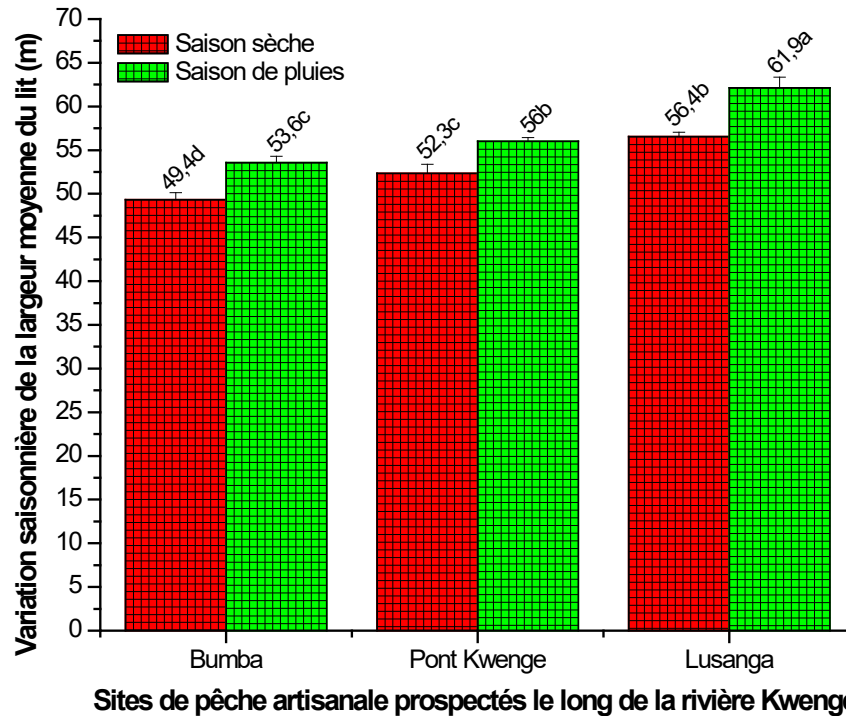
RÉSULTATS

Variation environnementales : L'évaluation des caractéristiques abiotiques de la rivière Kwenge s'est basée sur les paramètres hydrologiques d'une part, physiques et chimiques de l'autre part durant la saison sèche comme la saison de pluies.

Variation saisonnière des paramètres hydrologiques : La variation saisonnière des caractéristiques hydrologiques de la rivière Kwenge dans les sites prospectés dans le cadre de cette étude concerne l'évaluation de la largeur du lit et de la profondeur de la colonne d'eau.

Largeur du lit : La largeur du lit de la rivière Kwenge varie en fonction de la saison de l'année et des sites d'échantillonnage (figure 2). L'analyse de la variance à un facteur aux

données moyennes de la largeur du lit montre une variation saisonnière et spatiale avec une différence statistique très hautement significative ($F = 164$; $p = 0,0000$) entre les valeurs moyennes obtenues. La valeur critique du test de comparaison multiple (Tukey HSD = 1,3951) montre que la largeur la plus élevée en termes des valeurs moyennes est relevée durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche notamment dans le site Lusanga (soit $62,11 \pm 1,23$ m saison de pluies et $56,56 \pm 0,49$ m saison sèche) suivie de Pont Kwenge (soit $56 \pm 0,44$ m saison de pluies et $52,33 \pm 1,04$ m saison sèche) et enfin le site Bumba (soit $53,56 \pm 0,72$ m saison de pluies et $49,33 \pm 0,81$ m saison sèche).



Sites de pêche artisanale prospectés le long de la rivière Kwenge
Figure 2 : Variation saisonnière de la largeur moyenne du lit (m) de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Profondeur de la colonne d'eau : La colonne d'eau de la rivière Kwenge est plus profonde durant la saison de pluies avec une différence statistique très hautement significative ($F = 18,4$; $p = 0,0000$) par rapport aux valeurs moyennes relevées durant la saison sèche (figure 3). Avec une valeur critique de comparaison de 0,8662, le test de Tukey HSD montre que la profondeur la plus élevée est

obtenue dans le site de Lusanga (soit $7,39 \pm 0,39$ m durant la saison de pluies et $6,42 \pm 0,56$ m durant la saison sèche) suivie de la profondeur du Pont Kwenge (soit $6,21 \pm 0,43$ m durant la saison de pluies et $5,85 \pm 0,61$ m durant la saison sèche) et la faible profondeur est relevée dans le site Bumba (soit $5,67 \pm 0,37$ m durant la saison de pluies et $4,71 \pm 0,52$ m durant la saison sèche).

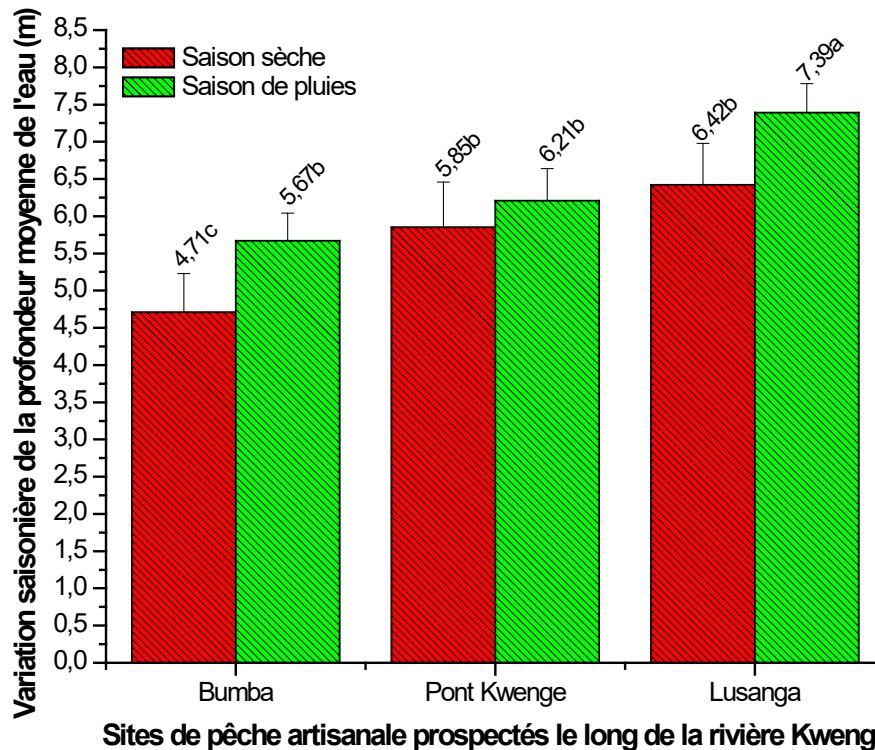


Figure 3 : Variation saisonnière de la profondeur de la colonne d'eau (m) de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Variation saisonnière des paramètres physiques : La variation saisonnière des paramètres physiques évalués dans trois sites retenus le long de la rivière Kwenge dans le cadre de cette étude sont repris dans les points ci-dessous.

Température: De manière générale, les eaux de la rivière Kwenge dans les sites d'échantillonnage sont chaudes et présentent une variation en fonction des sites d'échantillonnage et de saison (figure 4). L'analyse de la variance à un facteur appliqué aux données moyennes de la température met

en évidence une différence statistique très hautement significative ($F = 28,9$; $p = 0,0000$) entre les valeurs moyennes relevées. Le test de Tukey HSD (0,7013) montre que l'eau est plus chaude durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche notamment au site Lusanga (soit $26,37 \pm 0,61$ °C durant la saison de pluies et $25,39 \pm 0,49$ °C durant la saison sèche) suivis du site Pont Kwenge (soit $26,55 \pm 0,17$ °C durant la saison de pluies et $24,5 \pm 0,26$ °C durant la saison sèche) et le site Bumba ($25,32 \pm 0,5$ °C durant la saison de pluies et $24,4 \pm 0,44$ °C durant la saison sèche).

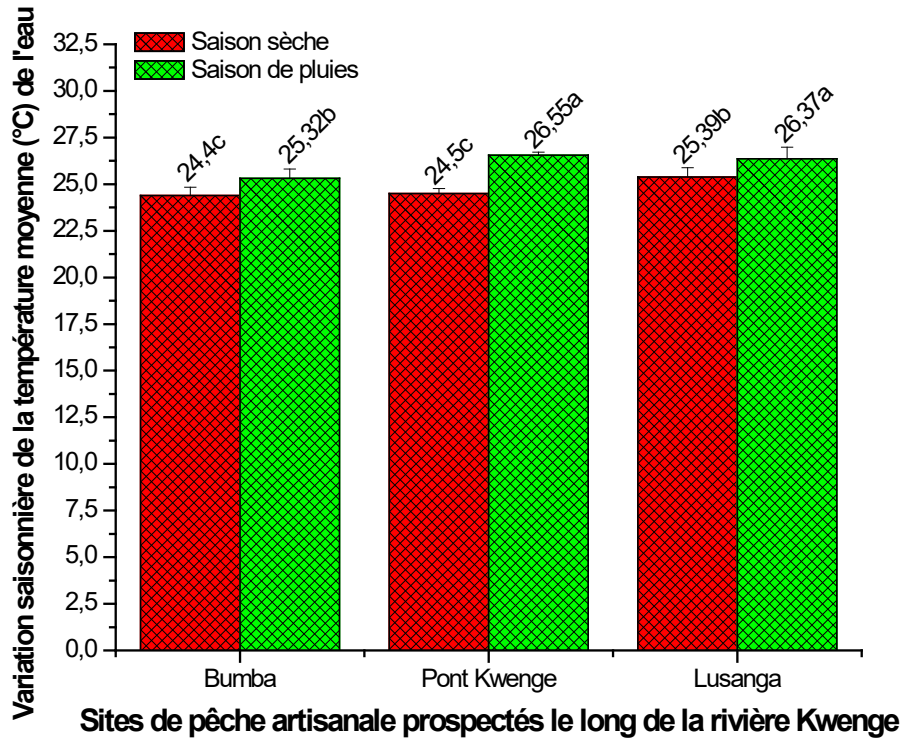


Figure 4 : Variation saisonnière de la température moyenne (°C) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Conductivité : Il ressort des résultats visualisés sur la figure 5 ci-dessous que l'eau de la rivière Kwenge est moins ionisée et porte des valeurs de conductivité variable d'une saison à l'autre et d'un site d'échantillonnage à l'autre. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliqué aux données de conductivité met en évidence une différence statistique très hautement significative ($F = 26,0$; $p = 0,0000$) entre les valeurs moyennes de conductivité avec des fortes valeurs durant la saison de

pluies que la saison sèche. L'analyse avec le test de Tukey HSD (1,4962) montre que la conductivité est élevée au niveau du site de Lusanga (soit $13,46 \pm 0,97$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison de pluies et $11,1 \pm 1,34$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison sèche) suivi du Pont Kwenge (soit $10,59 \pm$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison de pluies et $8,8 \pm 0,48$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison sèche) et enfin le site Bumba (soit $9,61 \pm 0,63$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison de pluies et $8,5 \pm 0,7$ $\mu\text{S/cm}$ durant la saison sèche).

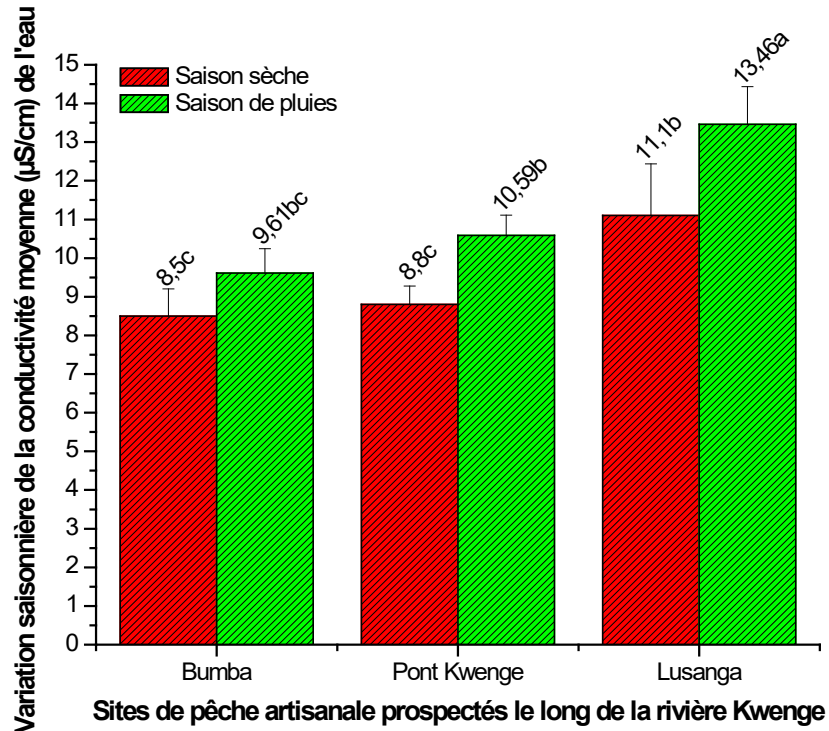


Figure 5 : Variation saisonnière de la conductivité moyenne ($\mu\text{S/cm}$) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Turbidité : De manière générale, l'eau de la rivière Kwenge est moins trouble, décrivant une faible proportion des particules solides organiques et inorganiques dans l'eau bien que des valeurs élevées sont relevées durant la saison de pluies (figure 6). D'après les résultats de l'analyse de la variance à un facteur ($F = 15,2$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 1,3515), l'eau de la rivière Kwenge est plus turbide à Lusanga

(soit $7,9 \pm 0,89$ UNT durant la saison de pluies et $5,33 \pm 0,44$ UNT durant la saison sèche) puis le site de Pont Kwenge (soit $6,33 \pm 0,96$ UNT durant la saison de pluies et $4,89 \pm 0,4$ UNT durant la saison sèche) et enfin dans le site Bumba (soit $5,33 \pm 0,89$ UNT durant la saison de pluies et $4,33 \pm 0,59$ UNT durant la saison sèche).

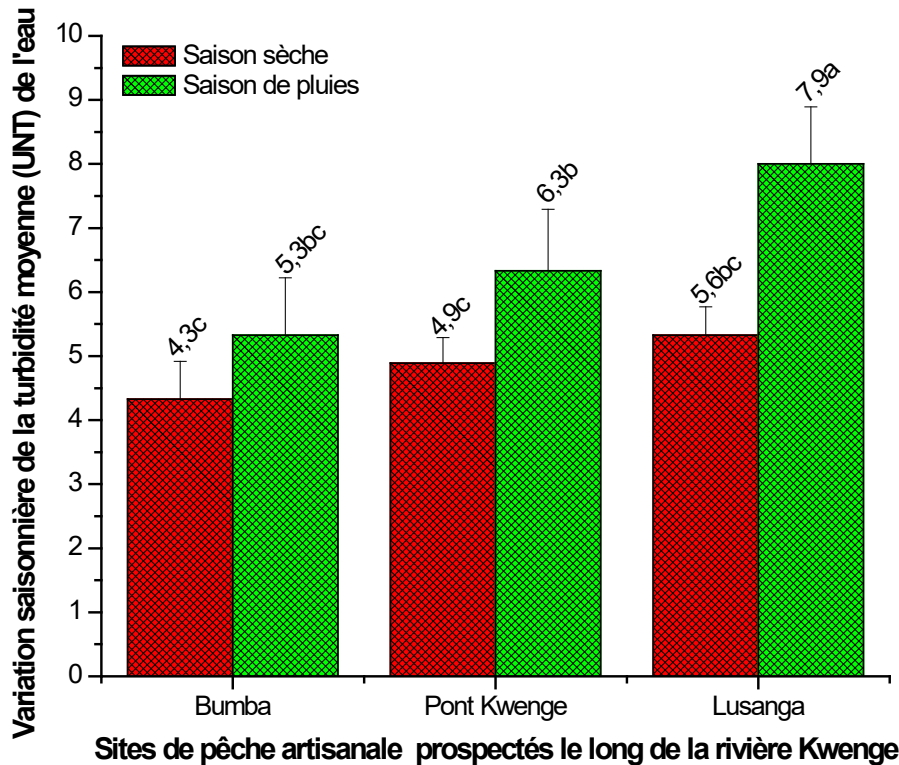


Figure 6 : Variation saisonnière de la turbidité moyenne (UNT) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Transparence : L'eau de la rivière Kwenge est plus transparente d'amont en aval à travers les sites d'échantillonnage et les saisons de l'année (figure 7). Il ressort des résultats obtenus que la transparence la plus élevée avec une différence statistique non significative ($F = 1,69$; $p = 0,1524$; Tukey HSD = 22,977) est obtenue durant la saison sèche par rapport à la saison de pluies notamment dans le site Bumba

(soit $115,13 \pm 20,64$ cm durant la saison de sèche et $101,07 \pm 19,36$ cm durant la saison de pluies) suivi du site de Lusanga (soit $110,18 \pm 8,68$ cm durant la saison sèche et $96,5 \pm 6,34$ cm durant la saison de pluies) et enfin le Pont Kwenge (soit $100,83 \pm 8,68$ cm durant la saison sèche et $99,66 \pm 16$ cm durant la saison de pluies).

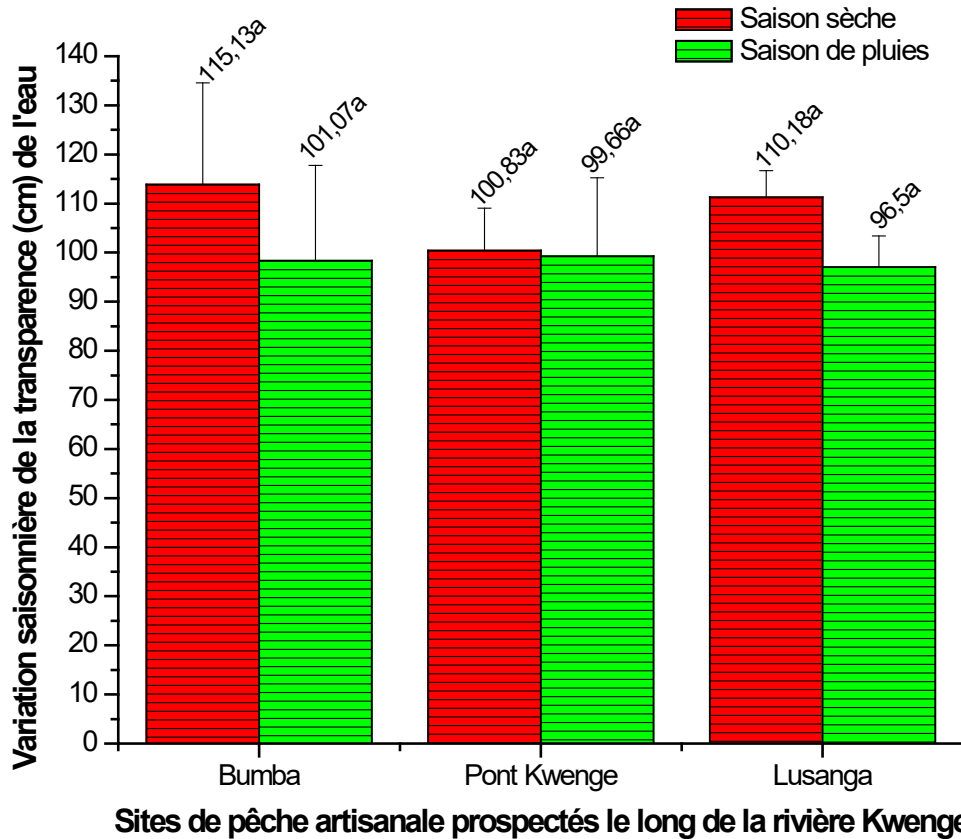


Figure 8 : Variation saisonnière de la transparence moyenne (cm) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Vitesse d'écoulement : La vitesse de l'écoulement de l'eau varie de l'amont en aval, d'un site à l'autre et d'une saison à l'autre avec différence statistique très hautement significative ($F = 16,1$; $p = 0,0000$; $LSD = 2,3745$). Il ressort des résultats obtenus que la vitesse d'écoulement la plus élevée est obtenue dans le site de Lusanga (soit $19,3 \pm 1,22$ m/s

durant la saison de pluies et $16,1 \pm 0,74$ m/s durant la saison sèche) suivi de Pont Kwenge (soit $17,4 \pm 0,8$ m/s durant la saison de pluies et $15,1 \pm 1,12$ m/s durant la saison sèche) et enfin dans le site Bumba (soit $15,8 \pm 2,76$ m/s durant la saison de pluies et $12,5 \pm 1,2$ m/s durant la saison sèche) (figure 9).

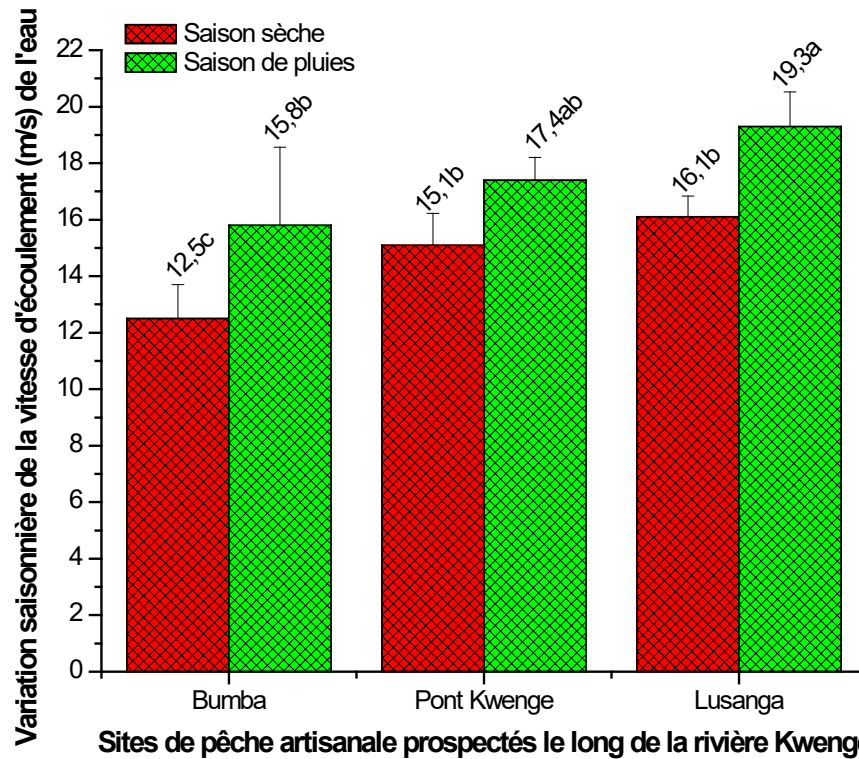


Figure 10 : Variation saisonnière de la vitesse d’écoulement moyenne (m/s) de l’eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Variation saisonnière des paramètres chimiques : La variation des variables chimiques de la rivière Kwenge d’amont en aval à travers les sites d’échantillonnage est repris dans les points ci-dessous.

Potentiel d’hydrogène : L’eau de la rivière Kwenge présente une variation de potentiel en hydrogène en fonction de la saison et des sites d’échantillonnage (figure 11). Les résultats

obtenus montrent que durant la saison sèche, l’eau des rivières est légèrement acide avec une différence statistique très hautement significative ($F = 216$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 0,2101) que pendant la saison de pluies. Le pH le plus élevé est relevé dans le site de Pont Kwenge avec $5,16 \pm 0,02$ suivi du site de Bumba (soit $5,28 \pm 0,05$) et enfin le site Lusanga (soit $5,73 \pm 0,2$).

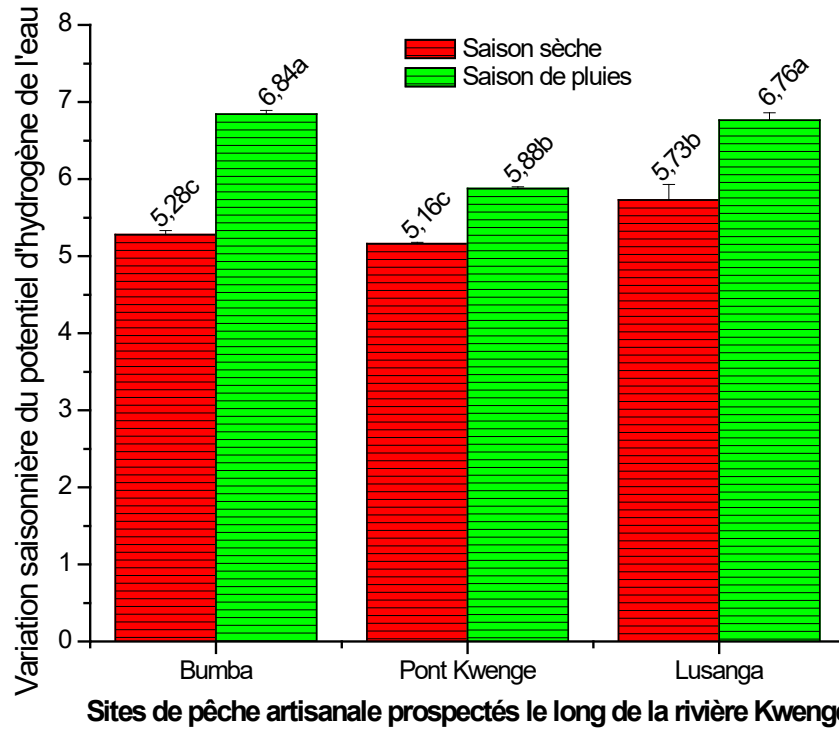


Figure 11 : Variation saisonnière du potentiel d'hydrogène moyenne de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Oxygène dissous : L'eau de la rivière Kwenge présente une bonne teneur de saturation en oxygène dissous pendant la saison de pluies comme la saison sèche avec une concentration élevée statistiquement significative ($F = 609$; $p = 0,0000$; $p = 0,0712$) durant la saison de pluies. Parmi tous les sites prospectés, on constate que l'eau du site Bumba est plus oxygénée (soit $5,67 \pm 0,05$ mg/L durant la

saison de pluies et $4,95 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche) suivie de l'eau du site Pont Kwenge (soit $5,18 \pm 0,02$ mg/L durant la saison de pluies et $4,67 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche) et enfin le site de Lusanga (avec $5,08 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $4,52 \pm 0,05$ mg/L durant la saison de pluies) (figure 12).

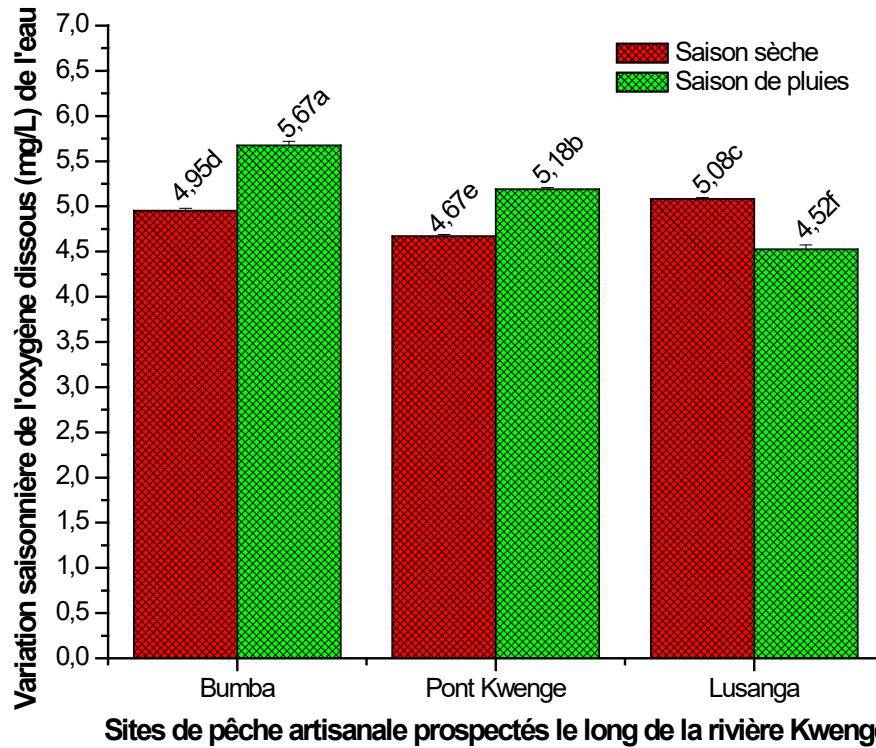


Figure 12 : Variation saisonnière de l’oxygène dissous moyenne (mg/L) de l’eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Demande chimique en oxygène : La concentration de la demande chimique en oxygène dans l’eau reste faible de manière générale et, présente une variation statistique très hautement significative ($F = 2184$; $p = 0,0000$) entre les sites d’échantillonnage et les saisons de l’année (figure 13). La comparaison multiple des valeurs moyennes avec le test de

Tukey HSD (0,0691) montre que le taux élevé de la demande chimique en oxygène dans l’eau de la rivière Kwenge est relevé durant la saison sèche avec une valeur élevée dans le Pont Kwenge (soit $3,12 \pm 0,00$ mg/L) suivie du site de Bumba (soit $2,36 \pm 0,00$ mg/L) et ensuite le site de Lusanga (soit $1,95 \pm 0,00$ mg/L) par rapport à la saison de pluies.

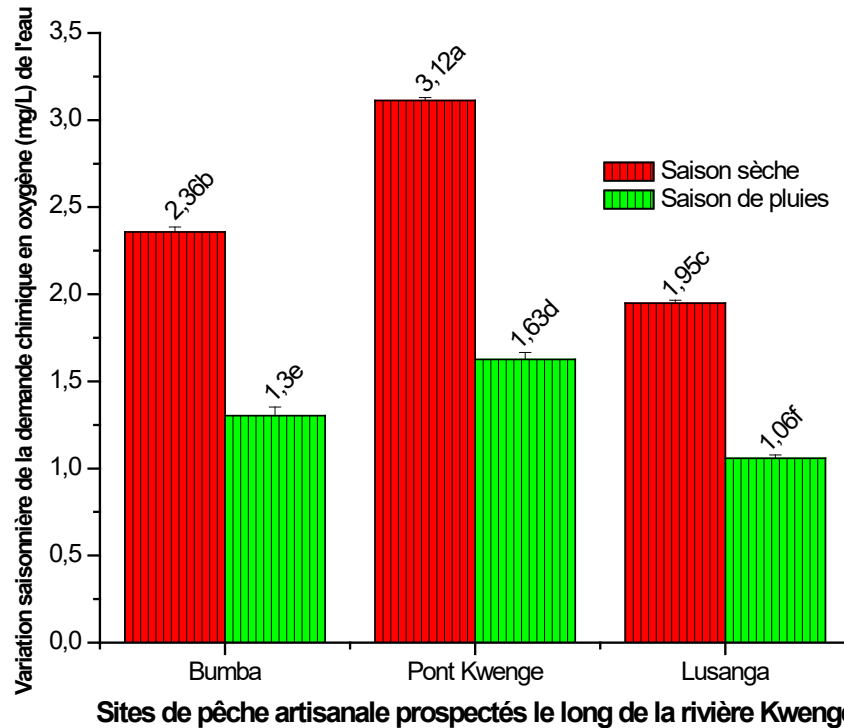


Figure 13 : Variation saisonnière de la demande chimique en oxygène moyenne (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Demande biochimique en oxygène : Les résultats visualisés sur la figure 14 ci-dessous montrent une variation de la concentration, de la demande biochimique en oxygène entre les sites d'échantillonnage et les saisons avec une différence statistique très hautement significative ($F = 674$; $p = 0,0000$) avec une forte demande durant la saison sèche. En termes des stations, le test de comparaison multiple (Tukey HSD = 0,0518) montre que

durant la saison sèche, la concentration relevée dans le site Bumba (soit $1,48 \pm 0,00$ mg/L) est la plus élevée et la faible concentration est obtenue dans le site Lusanga (soit $1,07 \pm 0,00$ mg/L). Par contre, durant la saison de pluies, la forte concentration est obtenue dans le site Pont Kwenge (soit $0,96 \pm 0,02$ mg/L) et la faible concentration est relevée dans le site Lusanga (soit $0,59 \pm 0,03$ mg/L).

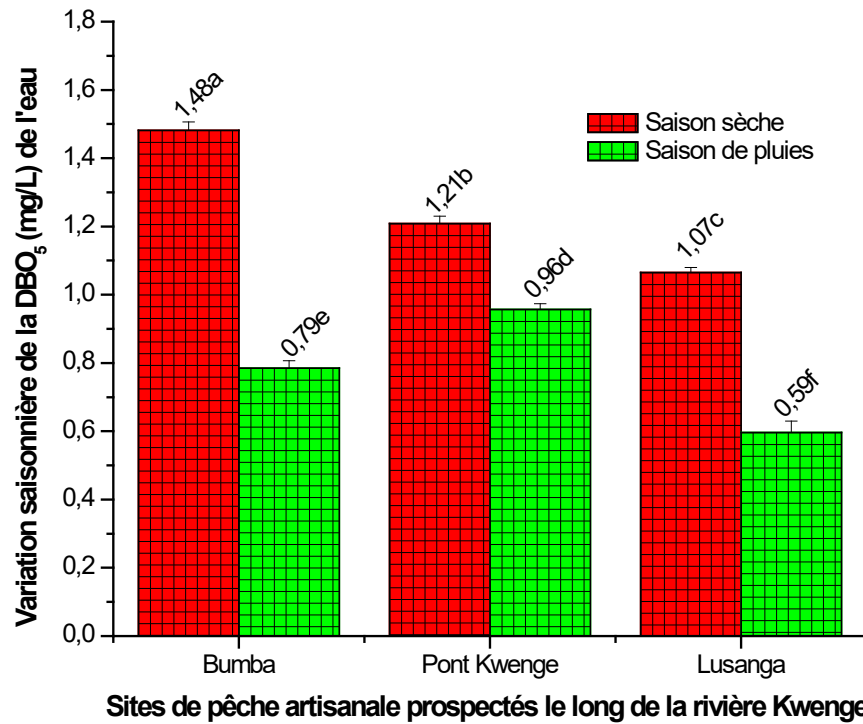
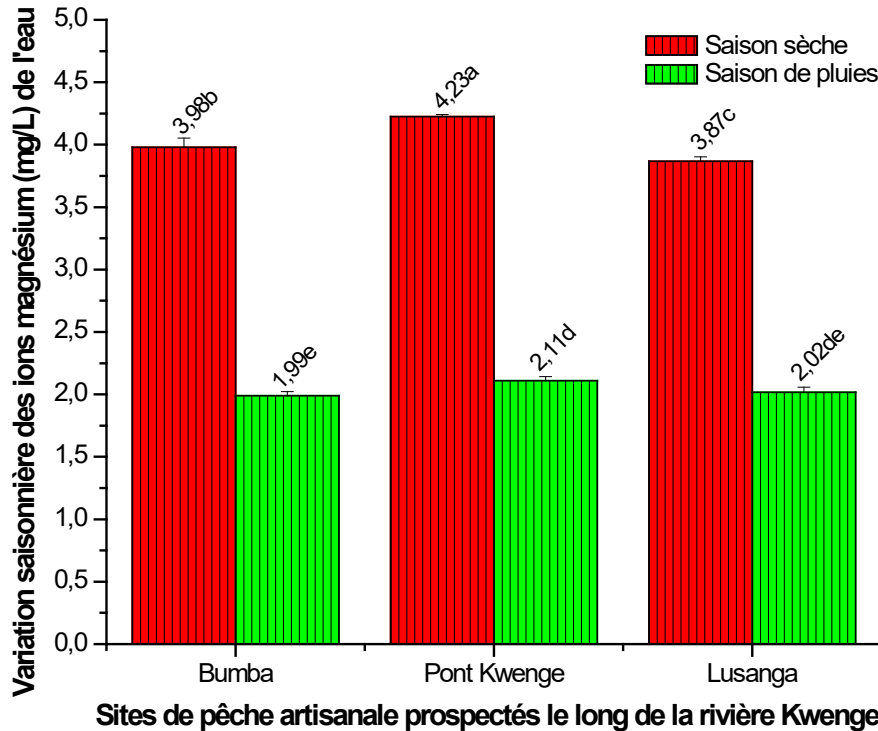


Figure 14 : Variation saisonnière de la demande biochimique en oxygène moyenne (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Magnésium : Il se dégage des résultats visualisés sur la figure 15 que les taux élevés des ions magnésiums sont relevés durant la saison sèche par rapport à la saison de pluies avec une variation au niveau des stations. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) met en évidence une différence statistique

très hautement significative ($F = 2349$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = $0,0971$) pour toutes les deux saisons confondues, avec une concentration élevée dans le site Pont Kwenge (soit $4,23 \pm 0,00$ mg/L) suivis du site de Bumba (soit $3,98 \pm 0,1$ mg/L) et enfin le site Lusanga (soit $3,87 \pm 0,00$ mg/L).



Variation saisonnière de la teneur moyenne des ions magnésium (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Calcium : La concentration du calcium dans l'eau de la rivière Kwenge présente une variation spatiale et temporelle de l'amont vers l'aval avec une différence statistique très hautement significative ($F = 2892$; $p = 0,0000$) entre les concentrations moyennes obtenues dans les sites et pendant la saison sèche comme de pluies. La comparaison des valeurs moyennes obtenues avec le test de Tukey HSD (0,0655) révèle que les faibles concentrations

sont obtenues dans le site Bumba (soit $0,13 \pm 0,02$ mg/L durant la saison de pluies et $0,28 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche) tandis que les fortes concentrations sont obtenues dans les sites de Pont Kwenge (soit $2,09 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $1,23 \pm 0,01$ mg/L durant la saison de pluies) ainsi que Lusanga (soit $1,96 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $1,09 \pm 0,03$ mg/L durant la saison de pluies) (figure 16).

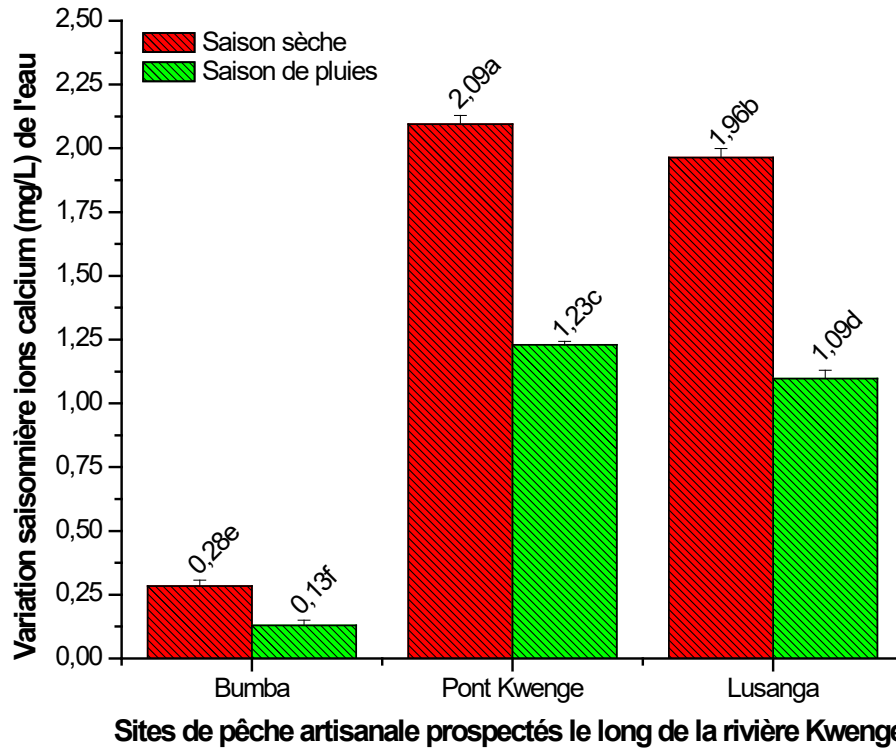


Figure 16 : Variation saisonnière de la teneur moyenne des ions calcium (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Nitrates : L'eau de la rivière Kwenge présente une teneur variable en ions nitrates entre les sites d'échantillonnage d'un côté et entre les saisons de l'année de l'autre côté (figure 17). L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliqué aux valeurs moyennes obtenues montre une différence statistique très hautement significative ($F = 284$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 0,3013) dont les concentrations les plus élevées sont obtenues durant la saison sèche avec une augmentation de concentration

d'amont vers l'aval. De tous les sites prospectés, Lusanga présente une concentration en ions nitrates plus élevée (soit $6,09 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $3,87 \pm 0,28$ mg/L durant la saison de pluies) suivi du site Pont Kwenge (soit $5,2 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $3,37 \pm 0,04$ mg/L durant la saison de pluies) en enfin le site Bumba (soit $5,08 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $3,11 \pm 0,02$ mg/L durant la saison de pluies).

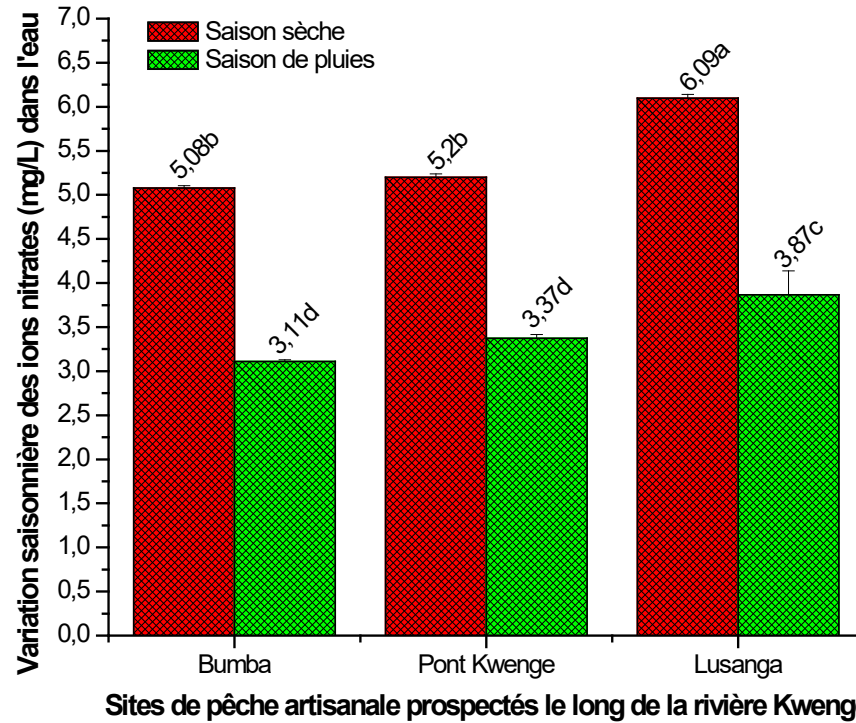


Figure 17 : Variation saisonnière de la teneur moyenne des ions nitrates (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Phosphate : L'eau de la rivière Kwenge présente une concentration élevée en phosphate entre les sites durant la saison sèche avec une différence statistique très hautement significative ($F = 1136$; $p = 0,0000$) par rapport à la saison de pluies. Avec une valeur critique de comparaison de $0,1288$; le test de Tukey HSD montre que la concentration la plus élevée est obtenue au niveau du site Pont

Kwenge (soit $3,89 \pm 0,1$ mg/L durant la saison sèche et $2,23 \pm 0,04$ mg/L durant la saison de pluies) suivi du site Bumba (soit $2,08 \pm 0,00$ mg/L durant la saison sèche et $1,29 \pm 0,04$ mg/L durant la saison de pluies) et la faible concentration est obtenue dans le site Lusanga (soit $1,67 \pm 0,1$ mg/L durant la saison sèche et $1,08 \pm 0,03$ mg/L durant la saison de pluie) (figure 8).

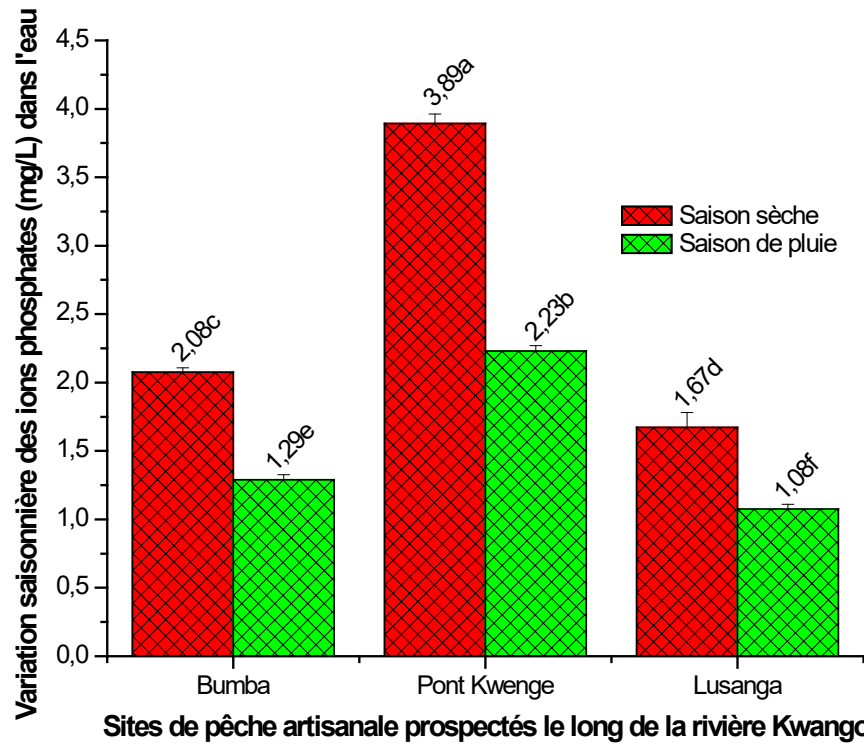


Figure 18 : Variation saisonnière de la teneur moyenne des ions phosphates (mg/L) de l'eau de la rivière Kwenge à travers trois sites de pêche artisanale

Activités anthropiques : Plusieurs activités anthropiques ont été dénombrées le long de la rivière Kwenge dans la zone d'étude aux environs des sites d'échantillonnage. Le

tableau 1 ci-dessous reprends les types d'activités anthropiques identifiées en fonction des sites d'étude.

Tableau 1 : Activités anthropiques identifiées le long de la rivière Kwenge dans les sites d'échantillonnage prospectés

Activités anthropiques	Sites d'échantillonnage		
	Bumba	Pont Kwenge	Lusanga
Baignade	+++	+++	+++
Bucheronnage	+++	+++	-
Chasse	+	+	-
Lessive	+++	+++	+++
Pisciculture	+	+	+
Peche artisanale	+	+++	+++
Huilerie à palme	++	+++	+++
Lavage automobile	++	+++	+
Rouissage de manioc	++	++	+++
Agriculture et maraichage	-	++	+
Navigation fluviale	++	++	-
11	+10	+10	+8

Légende : - = Non identifié, + = Identifié et moins intense, ++ = Identifié et Intense et +++ = Identifiée et très intense

Au total, onze (11) activités anthropiques sont recensées dans le cadre de cette étude avec une intensité de réalisation variable d'un site prospecté à l'autre. En fonction des sites, il s'observe que le plus grand nombre d'activités anthropiques est relevé respectivement dans les sites Bumba et Pont-Kwenge par rapport à Lusanga. Tenant compte des activités, on constate l'absence de certaines d'entre elles notamment l'agriculture et maraîchage à Bumba, le bucheronnage, chasse et la navigation fluviale à Lusanga. Par ailleurs, de toutes les activités recensées, la baignade, le bucheronnage, le lessive, la pêche artisanale, l'huilerie à palme, le lavage automobile ainsi que le rouissage de manioc sont les plus exercées le long de la rivière Kwenge dans les sites prospectés.

Analyses multivariés : Dans le cadre de cette étude, les analyses multivariées ont concerné la classification hiérarchique ascendante ainsi que les analyses en composantes principales telles que repris dans les points ci-dessous.

Classification hiérarchique ascendante : La matrice de classification hiérarchique ascendante basée sur les paramètres

hydrologiques, physiques et chimiques de l'eau de la rivière Kwenge dans les sites d'étude montre une variation de rapprochement ou d'affinités des sites en fonction des saisons de l'année (figure 19). Il ressort des résultats obtenus que :

✓ Durant la saison sèche, on observe deux entités écologiques distinctes avec un coefficient de similarité nettement positive ($R^2 = 0,7085$) dans le rapprochement ses sites où, le site Lusanga forme seul le premier groupe à la différence avec les sites Bumba et Pont Kwenge qui forment le deuxième groupe, ce qui témoigne une affinité des caractéristiques abiotiques dans les sites qui se rapproche et, une différence des caractéristiques abiotiques dans les sites non apparentés ;

✓ Par contre, durant la saison de pluies, il s'observe un rapprochement des sites Lusanga et Bumba qui, forme la première entité écologique avec un coefficient de corrélation très positif ($R^2 = 0,9658$) en fonction des caractéristiques abiotiques similaires dans ces deux sites à la différence avec les caractéristiques abiotiques qui déterminent le site Pont Kwenge durant la même saison.

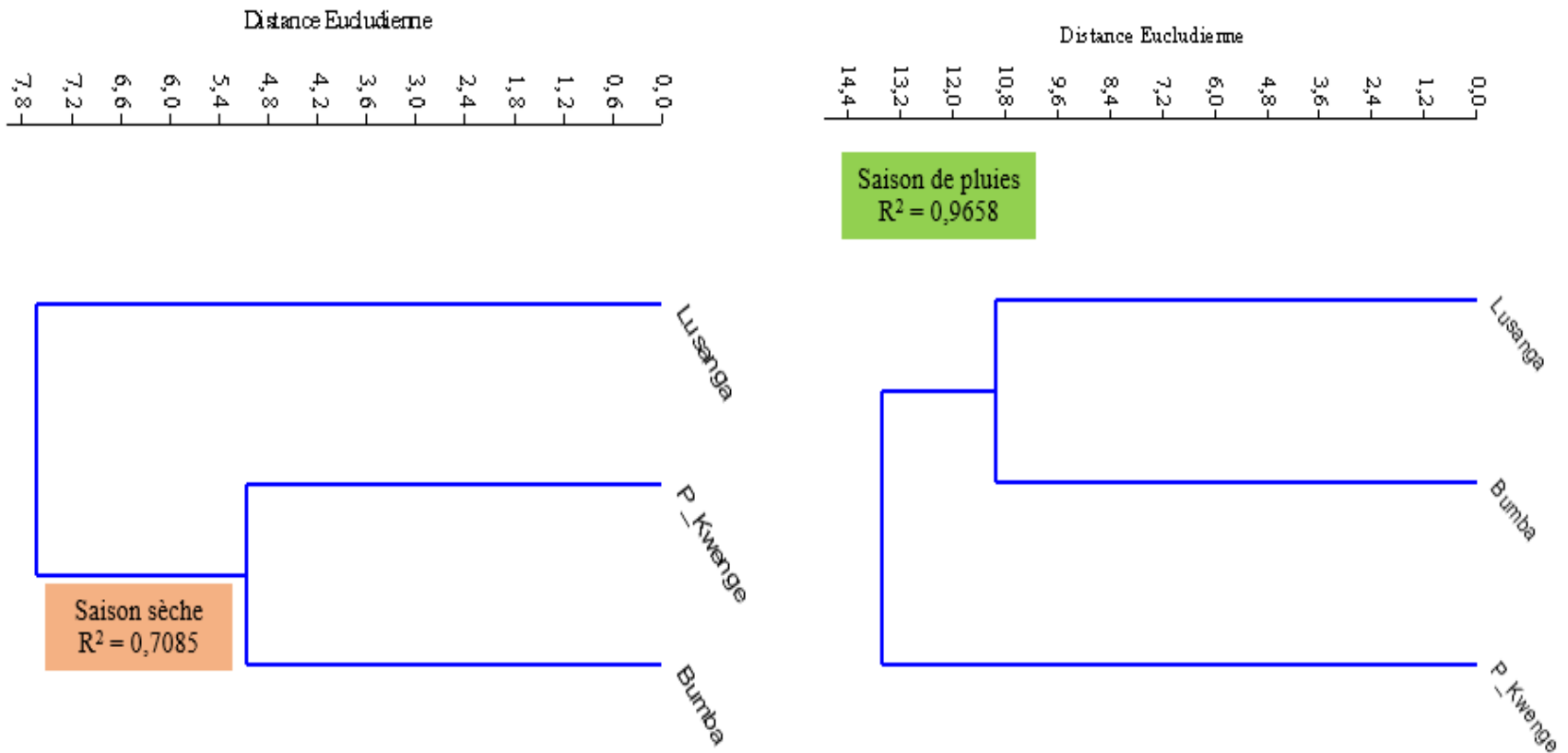
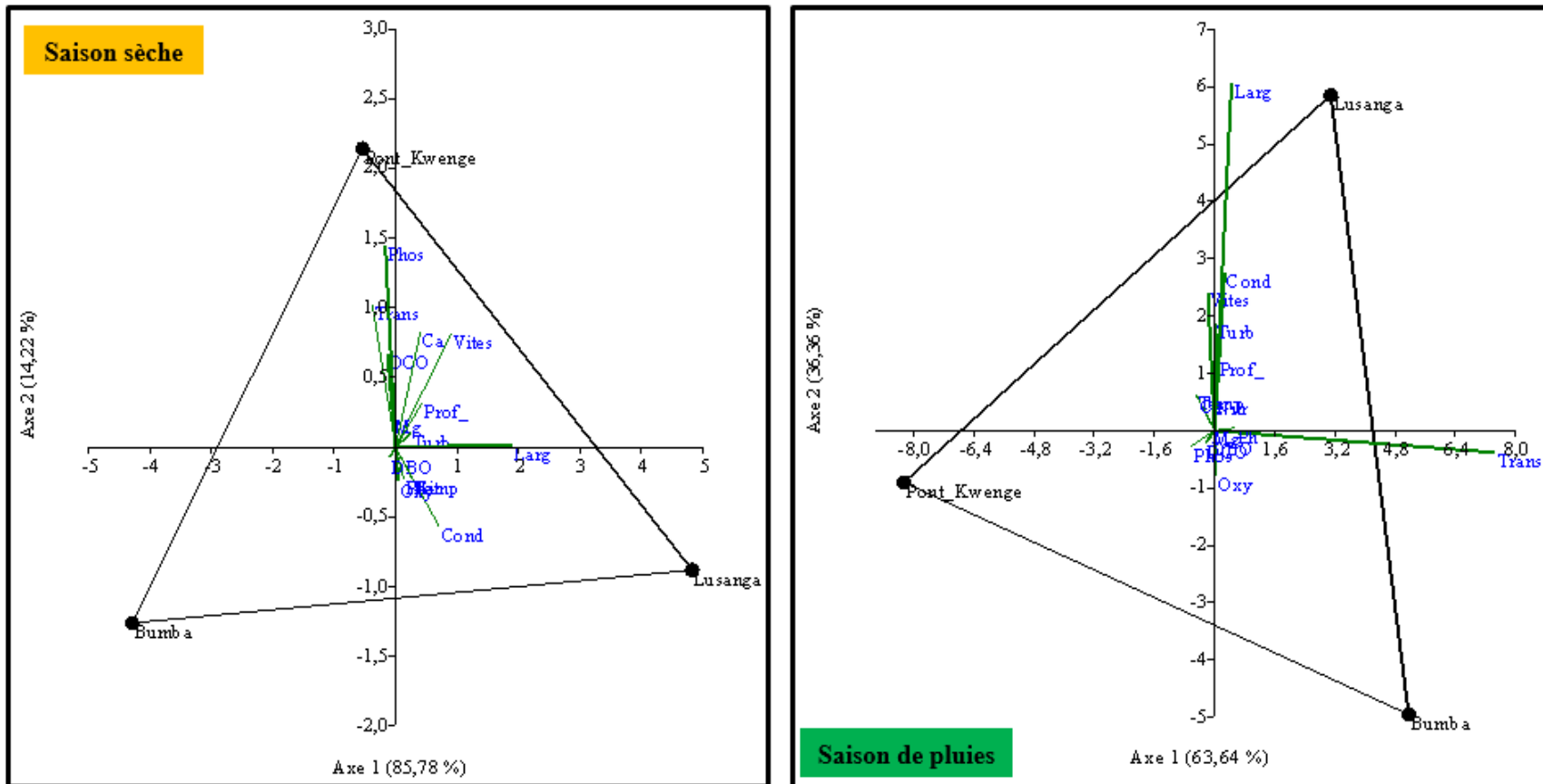


Figure 19 : Similarité de l'eau de la rivière Kwenge sur les sites d'étude prospectés le long de la rivière basée sur la classification hiérarchique ascendante en fonction des paramètres hydrologiques, physiques et chimiques durant la saison sèche et saison de pluies

Analyse en composantes principales : Durant la saison sèche comme la saison de pluies, les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques contribuent à influencer différemment le fonctionnement écologique dans la rivière Kwenge à travers les sites d'échantillonnage prospectés d'une saison à l'autre (figure 20). Il s'observe que :

✓ Durant la saison sèche, les sites Lusanga et Pont Kwenge sont corrélés positivement à l'axe 1 (représentant 85,78% des valeurs propres) et dont les caractéristiques abiotiques dans les deux sites sont influencées par divers paramètres hydrologiques, physiques et chimiques de l'eau. La conductivité, la température, la largeur du lit, la demande biochimique en oxygène et la turbidité contribuent en grande partie dans la détermination de la qualité de l'eau dans le site de Lusanga. Dans le site de Pont Kwenge, la transparence, la demande chimique en oxygène, les ions calciums, phosphates et magnésiums, la vitesse d'écoulement, l'oxygène dissous ainsi que la profondeur déterminent les caractéristiques abiotiques dans ce dernier. Dans le site Bumba par contre, corrélé positivement à l'axe 2 représentant 14,22 % des valeurs propres, le potentiel d'hydrogène ainsi que les ions nitrates sont les paramètres majeurs qui influencent activement les caractéristiques abiotiques du milieu dans ce site ;

✓ Durant la saison de pluies, Les sites Lusanga et Bumba sont corrélés positivement à l'axe 1 (valeurs propres de l'axe 63,64 %) avec une influence majeure des variables abiotiques dans le site Lusanga où la largeur du lit, la conductivité, la vitesse d'écoulement, la turbidité, la profondeur, la transparence ainsi que demande chimique en oxygène dissous constituent les variables abiotiques majeurs qui déterminent la qualité de l'habitat. Dans le même axe 1, la nature de l'eau du site de Bumba est déterminée par la transparence, l'oxygène dissous, la demande biochimique en oxygène, les ions phosphates et calciums. L'axe 2 (avec 36,36 % des valeurs propres) est corrélé positivement au site de Pont Kwenge où, les caractéristiques abiotiques de l'eau sont dominées par le potentiel d'hydrogène, les ions nitrates et magnésiums.



Légende : Phos = Phosphate, Trans = Transparence, Ca = Calcium, Vites = Vitesse d'écoulement, DCO = Demande biologique en oxygène, Mg = Magnésium, Prof = Profondeur, Turb = Turbidité, DBO₅ = Demande biochimique en oxygène, Larg = Largeur du lit, Temp = Température, Nitra = Nitrate, Cond = Conductivité

Figure 20 : Matrice des Analyses en composantes Principales regroupant les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques de l'eau de la rivière Kwenge durant la saison sèche et la saison de pluies

DISCUSSION

Certains facteurs liés à la qualité de l'eau sont plus susceptibles d'être impliqués dans les pertes de poissons tels que l'oxygène dissous, la température et l'ammoniac. D'autres, tels que le pH, l'alcalinité, la dureté et la clarté de l'eau affectent les poissons, mais ne sont généralement pas directement toxiques (Edéa *et al.*, 2019). Chaque facteur de qualité de l'eau interagit avec l'environnement et influence les autres paramètres, parfois de manière complexe. Ce qui peut être toxique et causer la mort des organismes aquatiques dans une situation, peut être sans danger dans une autre situation (Edéa *et al.*, 2019). Les observations et analyses faites au cours de cette étude ont montré que les sites Bumba, Pont Kwenge et Lusanga prospectés le long de la rivière Kwenge présentent des caractéristiques abiotiques variés et en fonction des saisons de l'année. Il a été observé que :

Les paramètres hydrologiques (largeur du lit et profondeur) analysés ont montré une variation entre la saison sèche et la saison de pluies, indiquant des valeurs élevées de largeur du lit comme de la profondeur durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche. La largeur du lit et profondeur de la colonne d'eau la plus élevée sont relevée vers l'aval (site Lusanga) par rapport à l'amont (site Bumba). Ces résultats et observations sont proches de ceux relevés par Munganga *et al.* (2020) ; Luizi *et al.* (2024) ; Mumbanga *et al.* (2025). Dans leurs études, Munganga *et al.* (2020) ; Luizi *et al.* (2024) soulignent que l'augmentation de ces deux paramètres hydrologiques est corrélée directement au régime de pluies étant donné qu'on note l'augmentation sensible des eaux pendant la saison de pluies. Cette augmentation est un élément déclencheur de comportement typique de la faune ichtyologique de certaines espèces comme celles du genre *Clarias* par exemple (Luizi *et al.*, 2024). A cette période, on observe la migration des poissons vers les affluents ou vers les zones inondées (Wamuini, 2010). Le

cycle de reproduction de plusieurs poissons notamment *Clarias gariepinus*, par exemple, coïncide avec le début de la saison de pluies (période de crues), au mois d'octobre et, le stimulus final de la ponte, chez cette espèce, semble être associé à la montée des eaux et à l'inondation des zones marginales peu profondes (Nyongombe, 1993). A l'inverse, l'étiage provoque le retour obligatoire de certains poissons vers le lit du fleuve ou de la grande rivière (Edéa *et al.*, 2019). En considérant les valeurs moyennes de la largeur du lit ainsi que de la profondeur de la rivière Kwenge telles que relevées dans le cadre de cette étude, on constate qu'il s'agit d'un écosystème aquatique d'une grande importance du point de vue hydrobiologique. Du point de vue physique, l'eau de la rivière Kwenge est chaude durant la saison sèche comme la saison de pluies (Température comprise entre $24,4 \pm 0,44$ °C sur le site Bumba durant la saison sèche et $26,55 \pm 0,17$ °C sur le site Pont Kwenge durant la saison de pluies). Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Mukwita *et al.* (2023) (température comprise entre $23,7 \pm 0,08$ et $26,4 \pm 0,36$ °C) dans la rivière Lukunga à Kinshasa ; Pwema *et al.* (2023) (température comprise entre $26,3 \pm 0,7$ et $27,85 \pm 1,35$ °C) dans la rivière Kwilu dans la ville de Kikwit ; Bashige *et al.* (2026) (température comprise entre $24,9$ et $25,5$ °C) dans la rivière Bumbu dans la ville de Kinshasa. Comme facteur écologique, l'importance de la température des eaux est évidente. En effet, la température influe sur le métabolisme, le développement embryonnaire, la croissance, la respiration, la reproduction et sur la distribution des espèces animales et végétales (Dépasse, 1956 ; Descamps, 1967 ; Huet, 1970 ; Hyne, 1970 cité par Wamuini, 2010). La température est l'un des facteurs climatiques qui joue un rôle écologique de premier plan. Face à celle-ci, toute espèce animale ou végétale présente une limite de tolérance inférieure et supérieure. D'autre part,

Phillipart (1977) ; Meunier (1988) ; Baijot *et al.* (1994) ; Panfili *et al.* (2002) soutiennent que les basses températures font partie des facteurs qui provoquent le ralentissement et/ou l'arrêt de la croissance chez des pièces osseuses. Des intervalles de température de l'eau des cours d'eau sont signalés dans la littérature ; les travaux de Nyongombe (1993), réalisés dans la rivière de Masendula à Kisangani, révèlent des minimas et de maxima respectifs de 23,7 et 25 °C. La conductivité suit la variation saisonnière et, reste modérée dans l'eau de la rivière Kwenge durant la saison sèche (conductivité comprise entre 8,5±0,7 µS/cm au site de Bumba et 8,8±0,48 µS/cm au Pont Kwenge) comme la saison de pluies (conductivité comprise entre 8,8±0,48 µS/cm au site Bumba et 13,46±0,97 µS/cm au site Lusanga). Les résultats par Pwema *et al.* (2023) (conductivité comprise entre 5,5±0,5 et 7,5±0,5 µS/cm) dans la rivière Kwilu ; Ibolobolo *et al.* (2024) dans plusieurs rivières du Territoire de Gungu en RD Congo mais faibles par rapport aux résultats obtenus par Mumbanga *et al.* (2025) (conductivité comprise entre 18,5±1,5 et 21±1 µS/cm) dans la rivière Nzinda à Kikwit. La faible conductivité relevée dans la présente étude par rapport à celle relevées par Mumbanga *et al.* (2025) témoigne la faible minéralisation de l'eau de la rivière Kwenge par rapport à celle de la Rivière Nzinda, une rivière qui traverse la ville de Kikwit et, fortement anthropisée le long de ses bassins versant. Malgré les activités anthropiques recensées le long de la rivière Kwenge dans le cadre de cette étude, ces dernières n'affectent pas la qualité de cet écosystème compte tenu de sa grandeur et pouvoir épurateur. Les valeurs de conductivité obtenues dans le contexte de cette étude montrent que la rivière Kwenge est mésotrophe, peu nourrie en nutriments en termes d'ions majeurs, ce qui pourrait réduire l'efficacité de l'activité photosynthétique suite à la faible concentration des ions qui jouent le rôle des nutriments lors de la production

biologique primaire. Les eaux de la rivière Kwenge sont moins troubles et très transparentes, témoignant ainsi un faible taux des particules solides organiques et non organiques dissoutes et une activité photosynthétique élevée avec une variation saisonnière. Turbidité, varie en fonction des saisons et, a été comprise entre 4,33±0,59 UNT (site Bumba) et 5,33±0,44 UNT (site Lusanga) durant la saison sèche puis entre 5,33±0,89 UNT (site Bumba) et 7,9±0,89 UNT (site Lusanga). Une forte turbidité suggère une eau trouble, généralement due à l'existence de micro-organismes en suspension dérivées des sédiments, ainsi que des substances de nature organique et inorganiques (Luizi *et al.*, 2024). Ces fragments proviennent d'une variété de sources, y compris : naturelles (telles que les composés humiques et les détritiques de plantes), humaines (issues des rejets provenant des industries, de l'agriculture, résidentiels, etc.) (Mumbanga *et al.*, 2025). Une augmentation du niveau de turbidité peut entraver la transmission de la lumière dans l'eau, influençant par conséquent l'absorption photosynthétique et la production primaire, éléments essentiels à la vitalité du milieu aquatique. Quant à la transparence, elle a été plus élevée durant la saison de sèche (transparence comprise entre 100,83±8,68 cm au Pont Kwenge et 115,13±20,64 cm au site Bumba) par rapport à la saison pluvieuse (transparence comprise entre 99,66±16 cm au Pont Kwenge et 101,07±19,36 cm au site Lusanga). Les résultats relevés dans cette étude pour la transparence sont proches de ceux obtenus par Luiz *et al.* (2024). Ces résultats montrent que pendant la saison sèche, les eaux de cours d'eaux deviennent plus transparentes, car la vitesse du courant devenue faible, on observe la floculation et l'agrégation de certaines particules (Luizi *et al.* (2024) par rapport à la saison des pluies où, les eaux montent de niveaux, la transparence devient partielle et diminue du fait de nombreuses particules entraînées par les eaux de

ruissèlement arrivent dans le lit du cours d'eau. Du point de vue écologique, selon Blaber et Blaber (1980) cité par Wamuini (2010), la transparence est souvent un facteur avancé pour expliquer la productivité et le fonctionnement trophique des milieux aquatiques. Elle permet de différencier les zones euphotique et aphotique, nécessaire au bon fonctionnement de la chaîne alimentaire (Wamuini, 2010). Quant aux variables abiotiques de nature chimique, les résultats obtenus montrent une variation saisonnière et en fonction des stations. Le potentiel d'hydrogène a montré que la valeur moyenne la plus élevée a été relevée durant la saison sèche dans le site Pont Kwenge ($5,16 \pm 0,02$) et la plus faible à Lusanga ($5,73 \pm 0,2$). Le pH a une grande influence sur la biodiversité des rivières et des lacs. En effet, la plupart des organismes aquatiques requièrent un pH idéal entre 5,5 et 9 (Offen *et al.*, 2009). Ainsi, des fluctuations considérables du pH pourraient nuire à diverses de leurs fonctions cruciales telles que la respiration et la reproduction. De ce fait, on observe une diminution de la biodiversité dans les cours d'eau acidifiées (Monsembula, 2018). Les valeurs moyennes de pH obtenues dans la présente étude sont proches de celles obtenues par Pwema *et al.* (2023) (pH compris entre $6,09 \pm 0,26$ et $6,28 \pm 0,08$) dans la rivière Kwilu ; Ibolobolo *et al.* (2024) (pH compris entre $4,5 \pm 0,04$ et $5,13 \pm 0,13$) dans la rivière Sawula à Gungu ; Mumbanga *et al.* (2025) (pH compris entre $4,77 \pm 0,32$ et $6,05 \pm 0,15$) dans la rivière Nzinda à Kikwit. L'alcalinité élevée pourrait être influencée par la nature géologique du bassin versant et des apports extérieurs notamment les humus Mumbanga *et al.* (2025). A cela s'ajoute le dépôt des matières végétales qui tombent quotidiennement dans l'eau en période de crue et qui se décomposent produisant ainsi les acides humiques thermostables dissoutes dans l'eau, fournissant les acides humiques et donnant aussi la teinte brune à l'eau. Elles sont aussi responsables de

l'acidité des cours d'eaux en Afrique tropicale. Matthès (1964) estime dans son étude que la nature géologique et pédologique des terrains traversés par les cours d'eaux et le déroulement des activités photosynthétiques des végétaux favorisent aussi l'acidité des eaux de rivières. Un écart du pH comparativement aux niveaux normaux est susceptible aussi révéler une contamination possible (Munganga *et al.*, 2020), ce qui souligne la nécessité d'un contrôle régulier de la qualité de l'eau pour sauvegarder la santé de l'écosystème (Bashighe *et al.*, 2026). Pendant la saison de pluies, les rivières drainent d'importantes quantités d'eau acidifiées ayant lessivé des terres couvertes de matières acidifiantes (Boika *et al.*, 2021). L'oxygène dissous est d'une grande importance pour la survie des organismes aquatiques (Edea *et al.*, 2019). L'oxygène dissous est un indicateur clé de la qualité de l'eau, car il est vital pour les organismes aquatiques et joue un rôle crucial dans la décomposition de la substance organique, favorisant ainsi l'autoépuration des rivières (Kamb, 2013). Dans la rivière Kwenge, la teneur en oxygène dissous reste élevée durant la saison de pluies ($5,08 \pm 0,00$ mg/L à Lusanga et $5,67 \pm 0,05$ mg/L à Bumba) par rapport à la saison sèche ($4,52 \pm 0,05$ mg/L à Lusanga et $4,95 \pm 0,00$ mg/L à Bumba). Les résultats obtenus par Mukwita *et al.* (2023) (O_2 compris entre 1,4 mg/L et 5,1 mg/L) restent de loin inférieures dans certains de ses sites d'échantillonnage par rapport à celles relevées dans la présente étude. En comparaison avec les résultats obtenus par Wamuini (2010), les résultats obtenus dans la présente étude restent inférieurs. Wamuini (2010) a observé dans la rivière Inkisi et ses affluents au Kongo Central, des eaux riches en oxygène dissous dont les concentrations varient entre 7 à 10,2 mg/L soit un pourcentage de saturation variant entre 70 à 100%. Qu'à cela ne tiennent, les concentrations moyennes d'oxygène dissous relevées dans la présente étude montre des eaux oxygénées pour toute forme de vie

aquatique. D'après AFNOR (2009), la teneur de l'oxygène dissous inférieure à 1 mg/L indique un état proche d'anaérobie, une concentration comprise entre 1 et 2 mg/L indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible tandis que des teneurs comprises entre 4 et 6 mg/L caractérisent une eau de bonne qualité écologique. Les ions principaux tels que le magnésium, le calcium, les nitrates et le phosphate, disponibles sous forme naturelle et solubles dans le sol, s'infiltrent dans le sol et les eaux souterraines puis se déversent dans les rivières (Mukwaati *et al.*, 2023). Cependant, pour certains, ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais (Chapman et Kimstach, 1996) et, constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau d'un côté et de l'autre côté, ils constituent les nutriments utilisables par photosynthèse pour la production primaire. La plupart des ions ont une origine naturelle,

provenant principalement de l'eau de pluie, de la décomposition de la substance organique et de la dissolution des matériaux sédimentaires souterraines. Il est plus rare qu'ils proviennent de roches magmatiques telles que la galène, la blende ou la pyrite (Abboudi *et al.*, 2014). En règle générale, les eaux intérieures présentent des concentrations en ions dominants très variées, typiquement entre 1 mg/L et 58 mg/L (Meybeck *et al.*, 1996). Les valeurs moyennes de magnésium, calcium, nitrates et phosphates dans les eaux de la rivière Kwenge étudiées sont très variables et très élevées durant la saison sèche. Les concentrations de ces ions dans l'eau de la rivière exploitée dans le contexte de cette étude ne pourraient être liées à la présence des activités recensées bien que certains de ces ions notamment les nitrates dans l'eau sont dus aux composés à partir des terres agricoles (NEAL *et al.*, 2000) et aussi au lessivage des sols.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Cette étude avait pour objectif d'analyser les caractéristiques hydrologiques, physiques et chimiques des eaux de la rivière Kwenge dans le tronçon du territoire de Bulungu dans la province du Kwilu en RD Congo, dans le but de contribuer à la connaissance des caractéristiques abiotiques de cet écosystème aquatique. Les résultats obtenus ont montré que de manière générale, l'eau de la rivière Kwenge présente des caractéristiques abiotiques favorables pour la survie et la stabilité des organismes hydrobiologiques malgré la présence de quelques activités anthropiques recensées le long de la rivière dans les sites d'étude. La rivière est profonde

et large, ce qui est un atout pour le développement d'une biodiversité complexe avec plusieurs taxons. La variation saisonnière joue un rôle dans la variation des variables hydrologiques, physiques et chimiques de l'amont à l'aval de la rivière. La conduite des études ultérieures sur la connaissance de la biodiversité aquatique de la rivière Kwenge notamment les poissons sont vivement souhaités en vue d'apporter des amples informations sur les taxons présents dans cet écosystème. Les résultats de cette étude sont d'une grande importance dans la mise en place des programmes de gestion intégrées des plans d'eaux et de la biodiversité aquatique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abboudi A., Tabyaoui H & El Hamichi A. (2014). Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant

de Guigou. *European Scientific journal*, 23 : 84 - 93.

Agence Française de Normalisation (AFNOR)., 2009. Qualité de l'eau-

- prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes. PT 90-333, 15 p.
- Baijot E., Moreau J. & Bouda S. (1994). Aspects hydrobiologiques et piscicoles de retenues d'eau en zone soudano-sahélienne. CTA, Wageningen et commission des communautés Euroéennes Bruxelles, 250 p.
- Bashige E., Sisa M.E., Mutambel'hity S.N.D, Kamb T.J.-C. (2026). Diagnostic intégré de la qualité des eaux de la rivière Bumbu (Kinshasa, RD Congo) à Partir d'indices physico-chimiques, bactériologiques et trophiques. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 55(2) :652 – 667.
- Boika M.N.A., Lusasi S.W., Mboyo K.R., Mputu N.F., Pwema K.V., Mbimbi M.M.J., Musibono E.A.D & Mutambwe S. (2025). Caractérisation des modes d'exploitation de l'ichtyofaune dans trois zones de pêche du Lac Tumba dans le territoire de Bikoro, Province de l'Equateur (RD Congo). *Rev. Cong. Sci. Technol.*, 04(02) : 229 – 242. <https://doi.org/10.59228/rcst.025.v4.i2.149>.
- Boika M.N.A., Pwema K.V., Lusasi S.W., Musibono E.D. & Ifuta N.B.S. (2021). Diversité ichtyologique de la forêt marécageuse inondée du réseau hydrographique du Lac Tumba sur l'axe routier Mbandaka-CREF Mabali à Bikoro, Province de l'Equateur (RD Congo). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 25(2), 156-168.
- Boika, M.N.A., Lusasi, S.W., Nsimanda, I.C., Pwema, K.V. & Musibono, E.D. (2022). Influence of environmental variables on fish distribution in the flooded swamp forest of the lake Tumba Micro-basin on the Mbandaka-Research Center in Ecology and Forestry of Mabali (CREF Mabali) Road Axis in Bikoro, Equateur Province (DR Congo). *Annual Research & Review in Biology*, 37(7): 25-43. DOI: 10.9734/ARRB/2022/v37i730520.
- Bramard M. (2013). La surveillance des milieux aquatiques et des eaux souterraines. Les Synthèses, Eau France, Service public d'information sur l'eau, N° 8, 12 p.
- Chapman D. & Kimstach V. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon.
- Coste M. (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon-A.F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Cemagref, 218 pp.
- Edéa O.G., Hinvi L.C., Abou Y. & Gbangboche A.B., 2019. Synthèse bibliographique sur des paramètres biologiques et zootechniques du poisson-chat Africain *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. *European Scientific Journal*, 15(27) : 54-88. Doi :10.19044/esj.2019.v15n27p54.
- Fangstrom I. & Willen E. (1987). Clustering and canonical correspondence analysis of phytoplankton and environmental variables in Swedish lakes. *Vegetation*. 71 : 87 - 95.
- FAO. (2009). Profils des pêches et de l'aquaculture en R.D Congo : Département des pêches et de l'aquaculture, 16 p. Disponible sur Internet : http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_congo/fr.
- Ibolobolo K., Nsimanda C., Disadisa, Lubalega T., Mwamba N.L., Ndooy B.,

- Muyaya I.C. (2024). Analyse physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines consommées par la population rurale de Matende, secteur Lukamba en République Démocratique du Congo. *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 2(5) : 2720 – 2734.
- Iungbi S.N., Wembo M.F., Biselenge N.S. & Iungbi S.A. (2019b). Analyse physico-chimique des eaux de la rivière Lindi et son impact sur la vie des êtres vivants dans la ville de Kisangani. *IJRDO - Journal of Applied Science*, 5(4) : 63 – 74.
- Iungbi S.N., Wembo M.F., Elumba K., Kasolwa T., Mungele B. & Kazadi M.Z. (2019a). Analyse physico-chimique et microbiologique des eaux de la rivière Lindi et son impact sur la vie des êtres vivants dans la ville de Kisangani. *IJRDO - Journal of Applied Science*, 5(2) : 63 – 80.
- Kamb T.J.-C. (2013). Etude de la structure et de la dynamique des peuplements des Macroinvertébrés benthiques d'un système lotique : Cas de la rivière Lukunga à Kinshasa/R.D Congo. Mémoire de DEA, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, 80 p.
- Luizi B.A., Lusasi S.W., Kamb T.J.C., Pwema K.V. & Nyongombe U.N.F. (2024). Caractérisation physico-chimique des eaux de quelques écosystèmes aquatiques du bassin versant côtier de la République Démocratique du Congo dans la province du Kongo Central, territoire de Muanda. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 47(1) : 335 - 366.
- Masens D.M.Y. (1997). Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu, RDC). Thèse de doctorat présentée et défendue en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences biologiques, ULB–Belgique, 398 p + annexes.
- Matthes H. (1964). Les poissons du Lac Tumba et de la Région d'Ikela : Etude systématique et écologique. *Annls. Mus.r. Afr. Centr.*, 126 : 204 p.
- Mbadu Z.V. (2011). Biologie des espèces du genre *Distichodus* Müller et Troschel, 1845 (*Distichodontidae, Pisces*) du Pool Malebo (fleuve Congo) en rapport avec les mécanismes d'exploitation de leurs niches trophiques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 442 p.
- Mbimbi MMJJ. (2013). Biodiversité des poissons des bassins des rivières Kwilu et Lulua, sous-affluent et affluent sud de la rivière Kasai, un des grands affluents du fleuve Congo sur la rive gauche. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 173 p
- Merlier F. (2017). L'état de conservation des habitats et espèces aquatiques d'eau douce d'intérêt communautaire : Les synthèses, Eau France, Service public d'information sur l'eau, N° 14, 16 p.
- Meunier F.J. (1988). Détermination de l'âge individuel chez les Osteichthyens à l'aide de la squelettechronologie : historique et méthodologie. *Acta Oecologica (Oecologia Generalis)*, 9(3) : 299 – 329.
- Meybeck M. (1982). Carbon, Nitrogen, and phosphorus transport by world rivers, *American journal of science*, 282 : 401 – 450.
- Monsembula I.J.-C. (2018). Ichtyofaune du bassin de la rivière N'sele, Ecorégion du Pool Malebo (région ichtyogéographique du Congo) : Diversité et distribution. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques,

- Université de Kinshasa, R.D Congo, 283 p.
- Mukwita N.J., Kamb T.J.C., Mutambel'hity S.N.D., Sisa M.E. & Kipimbye K.L. (2023). Détermination de la qualité physique et chimique et analyse des micropolluants des eaux de la Rivière Lukunga à Kinshasa/RD Congo. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 36 (2) : 243 – 252.
- Mumbanga N.L., Munganga K.C., Lusasi S.W., Nsimanda I.C. & Pwema K.V. (2025). Qualité de l'eau et diversité des macroinvertébrés benthiques de la rivière Nzinda dans la ville de Kikwit, République Démocratique du Congo. *Rev. Cong. Sci. Technol.*, 04(03) : 350 – 367. DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.025.v4.i3.162>.
- Munganga K.C., Kavumbu M.S., Bipendu M.N., Kunonga N.L., Lusasi S.W. & Pwema K.V. (2020). Evaluation de la qualité écologique de la rivière Musolo à Kinkole basée sur les macroinvertébrés benthiques (Kinshasa, R D Congo). *European Journal of Scientific Research*. 2020;155(2):175-189.
- Ndungu M.F.M., Musibono E.A.D., Kamb T.J.-C. & Ngelinkoto M.P. (2024). Enquête sur la pêche dans l'écosystème lotique Ikelemba, Province de l'Equateur en RD Congo. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 45(2) : 337-346.
- Neal C., Neal M., Wickham H. & Harrow M. (2000). The water quality of a tributary of the Thames, the Pang, southern England. *The Science of the Total Environment*. 251(252) : 459 - 475.
- Nyongombe O.N.F. (1993). Contribution à l'étude écologique et biologique des poissons de la rivière Masendula (affluent de la Tshopo à Kisangani). Thèse de Doctorat, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques, I.F.A., Yangambi, 175 p.
- Offem B.O., Samsons Y. A. & Omoni I.T. (2009). Trophic ecology of commercially important fishes in the Cross River, Nigeria. *The journal of Animal & plant Sciences*, 19(1) : 37-44.
- Palmer M. (1993). Putting in Even Bitter Order. The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74(8):2215-2230.
- Panfini J., De Pontual H., Troadec H. & Wright P.J., 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. IFREMER/IRD, 464 p.
- Phillipart J.C. (1977). Contribution à l'hydrobiologie de l'ourthe : Dynamique et reproduction des populations de quatre espèces de poissons cyprinidae : *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.) et *Chondrostoma nasus* (L.). Thèse de Doctorat en Sciences Zoologiques, Université de Liège, 225 p.
- Piérou EC. (1984). The interpretation of ecological data. Wiley. New York.
- Pwema K.V., Madianganu M.V., Manikisa I., Yaga N.C., Munganga K.C., Kavumbu M.S. & Lusasi S.W. (2023). Faune ichtyologique exploitée dans la rivière Kwilu dans la ville de Kikwit : Tronçon compris entre le Port Louise et le Pont Kwilu (R.D Congo). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 40(1) : 269 – 288.
- Pwema KV. (2014). Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces de *Labeo Cuvier*, 1987 dans les milieux lentiques et lotiques du Pool Malebo dans le fleuve Congo. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 163 p.
- Reyjol Y., Spyrtos V. & Basilico L. (2012). Bioindication : Des outils pour évaluer

- l'état écologique des milieux aquatiques Perspectives en vue du 2e cycle DCE – Eaux de surface continentales : Synthèse des journées « DCE et bioindication » du séminaire « Méthodes d'évaluation de l'état des eaux, Situation et perspectives dans le contexte de la directive cadre sur l'eau », Paris 19 et 20 avril 2011, complétée des réflexions du groupe de travail DCE-ESC durant l'année 2012.
- Saville D.J. (1990). Multiple comparison procedures : the practical solution. *American Statistician*, 44 (2) : 174-180.
- Scherrer B. (1984). Présentation des données. *Biostatique. Morin, G (Eds)*, 850 p.
- Tembeni MT. (2017). Structure des communautés des poissons Mockokidae (Ostariophysi, Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo, République Démocratique du Congo). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 335 p.
- Ter Braak C.J.F. & Smilauer P. (1998). CANOCO Reference manual and user's guide Canoco for Windows (version 4). Centre for Biometry, Wageningen, Pays Bas, 351 p.
- Wamuini L.S. (2010). Ichtyofaune de l'Inkisi (Bas-congo/ RDC) : Diversité et écologie. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Ulg., Liege, 304 p.
- Wansende F.W., Iungbi S.N., Matondo F.J., Ngelinkoto M.P. & Buluku E.A. (2024). Caractérisation physico-chimique et bactériologique de l'eau du robinet de la division d'assainissement de Limete – Kinshasa stockée à des fins domestiques. *Journal of Advance Research in Medical and Health Science*, 10(10), 25-32. DOI: <https://doi.org/10.61841/k4zcx15>.
- Zanga L.N., Pwema K.V., Mbomba N.B., Mutambwe S. & Micha J.-C. (2022). Diet study of *Nannothrissa stewarti* (Poll & Roberts, 1976) Clupeidae in Lake Mai-Ndombe, Democratic Republic of Congo. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 16(6) : 252 – 263. DOI: [10.5897/AJEST2022.3120](https://doi.org/10.5897/AJEST2022.3120).
- Zinsou H.L., Attingli A.H., Gnohossou P., Adandedjan D., Laleye P. (2016). Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 97 : 9163 – 9173. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v97i1.3>.