



Influence de la qualité de la bande riveraine sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Lukunga à Kinshasa (RDC)

Priscille Bofuluki¹, Edouard Sisa Mbungu^{2,3}, Rombeau Ndombe Tamasala⁴, Jean-Claudekamb Tshijik²

⁽¹⁾Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe (ISP-Gombe). Section des Sciences exactes. Département de Biologie et techniques appliquées. BP 3580 Kinshasa I (RDC).

E-mail : priscillebofuluki@gmail.com

⁽²⁾Université Nationale Pédagogique (UPN). Faculté des Sciences et Technologies. Mention Biologie. Laboratoire d'Hydrobiologie et écologie. BP 8815 Kinshasa I (RDC).

⁽³⁾Université Nationale Pédagogique (UPN). Centre de Recherches Interdisciplinaires. Unité de Recherche Environnement. BP 8815 Kinshasa I (RDC).

⁽⁴⁾Université Nationale Pédagogique (UPN). Faculté des Sciences et Technologies. Mention Biologie, Laboratoire d'écologie et gestion des ressources végétales. BP 8815 Kinshasa (RDC)

Reçu le 13 juillet 2026, accepté le 14 septembre 2026, publié en ligne le 29 septembre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i3.11>

RESUME

Description du sujet. L'urbanisation rapide et non planifiée de Kinshasa engendre une forte pression anthropique sur ses réseaux hydrographiques. La déforestation et l'artificialisation des berges de la rivière Lukunga perturbent sa dynamique écologique naturelle.

Objectif. Cette étude évalue l'influence de la qualité de la bande riveraine sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Lukunga à Kinshasa.

Méthodes. Les prélèvements et inventaires floristiques ont été menés sur plusieurs stations transversales. À chaque point, la qualité des berges a été corrélée aux paramètres physico-chimiques de l'eau (température, pH, oxygène dissous, turbidité, DBO₅, DCO, nitrates et phosphates) mesurés *in situ* et en laboratoire, puis par une Analyse en Composantes Principales (ACP).

Résultats. Une dégradation majeure de la qualité de l'eau est observée, marquée par une forte turbidité (122,16 UNT), une hypoxie critique (0,45 mg/L d'O₂) et des surcharges en DBO₅ (38,49 mg/L), DCO (57,74 mg/L) et nitrates (325,5 mg/L). La bande riveraine subit une déforestation totale, dominée par une strate herbacée (74,25 %) au profit d'infrastructures et d'activités agricoles. L'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) moyen de 49 traduit une qualité écologique médiocre à moyenne. L'ACP confirme que les cultures, les infrastructures et les sols nus sont les principaux facteurs de détérioration de la nappe d'eau.

Conclusion. Il existe une relation étroite entre l'anthropisation des berges et l'altération de la rivière Lukunga. Restaurer la végétation arborée indigène et imposer des zones de retrait s'avèrent indispensables.

Mots-clés : Bande riveraine, qualité de l'eau, paramètres physico-chimiques, IQBR, rivière Lukunga/RDC.

ABSTRACT

Influence of riparian zone quality on the physicochemical characteristics of the Lukunga River waters in Kinshasa (DRC)

Description of the subject. The rapid and unplanned urbanization of Kinshasa exerts a severe anthropogenic pressure on its hydrographic networks. Deforestation and the artificialization of the banks of the Lukunga River disrupt its natural ecological dynamics.

Objective. This study evaluates the influence of riparian zone quality on the physicochemical characteristics of the Lukunga River waters.

Methods. Water sampling and floristic inventories were conducted across several cross-sectional stations. At each point, bank quality was correlated with the physicochemical parameters of the water (temperature, pH, dissolved oxygen, turbidity, BOD₅, COD, nitrates, and phosphates) measured *in situ* and in the laboratory, and then analyzed using Principal Component Analysis (PCA).

Results. A major degradation of water quality is observed, marked by high turbidity (122.16 NTU), critical hypoxia (0.45 mg/L of O₂), and excessive loads of BOD₅ (38.49 mg/L), COD (57.74 mg/L), and nitrates (325.5

mg/L). The riparian zone undergoes total deforestation, dominated by a herbaceous layer (74.25 %) at the expense of infrastructure and agricultural activities. The average Riparian Zone Quality Index (RQZI / IQBR) of 49 reflects an overall poor to moderate ecological quality. PCA confirms that crops, infrastructure, and bare soils are the main driving factors behind the deterioration of the water body.

Conclusion. A close relationship exists between the anthropization of the banks and the alteration of the Lukunga River. Restoring native woody vegetation and enforcing setback zones are essential.

Keywords: Riparian zone, water quality, physicochemical parameters, RQZI, Lukunga River/DRC.

1. INTRODUCTION

Les écosystèmes lotiques (fleuves, rivières...) constituent des composantes essentielles du fonctionnement écologique des paysages terrestres, ils assurent de multiples services écosystémiques comme l'approvisionnement en eau, le maintien de la diversité biologique, la régulation des cycles biogéochimiques et apportent un soutien important aux activités socio-économiques des populations riveraines (Allan & Castillo, 2007 ; Dodds & Whiles, 2020). Cependant, ces écosystèmes font partie des milieux naturels les plus menacés à l'échelle mondiale en raison de la déforestation, de l'expansion agricole, de l'urbanisation croissante et des diverses formes de pollution anthropique qui altèrent leur structure et leur bon fonctionnement écologique (Dudgeon *et al.*, 2006 ; Reid *et al.*, 2019).

Parmi les éléments déterminants de l'intégrité écologique des cours d'eau, les bandes riveraines occupent une place centrale. Ces zones de transition situées entre les milieux terrestres et aquatiques assurent des fonctions écologiques majeures, notamment la stabilisation des berges, la limitation de l'érosion, la rétention des sédiments, la filtration des nutriments et des contaminants, ainsi que la régulation thermique des cours d'eau grâce à l'ombrage fourni par la végétation (Naiman *et al.*, 2005 ; Sweeney & Newbold, 2014 ; Sisa *et al.*, 2025). Les bandes riveraines contribuent aussi et surtout au maintien des habitats aquatiques en favorisant les échanges de matière organique et d'énergie entre les écosystèmes terrestres et aquatiques (Gregory *et al.*, 1991 ; Saint-Jacques et Richard, 1998).

Plusieurs études ont démontré que l'état de conservation des bandes riveraines a une influence directe sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux superficielles. Une végétation riveraine dense et diversifiée permet généralement de réguler les températures de l'eau, d'améliorer les concentrations en oxygène dissous et de limiter les apports excessifs en nutriments, tandis que la dégradation de ces zones favorise l'augmentation de la turbidité, de la conductivité électrique et des concentrations en azote et phosphore (Broadmeadow et Nisbet, 2004 ; Luke *et al.*, 2019 ; Sisa *et al.*, 2025). Ainsi, la qualité des bandes riveraines est à ce jour considérée comme un

indicateur clé de l'état écologique des hydrosystèmes et constitue un élément fondamental des programmes de gestion intégrée des ressources en eau (Richardson et Béraud, 2014 ; Sisa *et al.*, 2022).

Dans les régions tropicales, les interactions entre la végétation riveraine et la qualité des eaux revêtent une importance particulière en raison des fortes précipitations, des processus érosifs intenses et de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques aux perturbations anthropiques (Wantzen *et al.*, 2008). En Afrique subsaharienne, plusieurs travaux ont mis en évidence l'effet bénéfique des bandes riveraines sur la réduction des charges sédimentaires et des polluants transportés vers les cours d'eau (Yao *et al.*, 2015 ; Mensah *et al.*, 2021). Néanmoins, les connaissances demeurent encore limitées concernant les relations entre l'état écologique des bandes riveraines et la qualité physico-chimique des eaux dans les grands centres urbains africains où les pressions anthropiques sont particulièrement très importantes.

En République Démocratique du Congo (RDC), l'expansion démographique rapide et l'urbanisation non planifiée des grandes agglomérations exercent une pression croissante sur les réseaux hydrographiques urbains (Kamb, 2018). La ville de Kinshasa, qui compte aujourd'hui plus de vingt millions d'habitants, est confrontée à une dégradation progressive marquée de ses cours d'eau sous l'effet des occupations anarchiques des berges, du déboisement des bandes riveraines, des rejets domestiques non traités et de l'érosion accélérée des sols (Kamb, 2018, Yamba *et al.*, 2022 ; Sisa, 2023). Cette situation compromet non seulement la qualité écologique des milieux aquatiques mais également les services environnementaux qu'ils procurent aux populations locales.

La rivière Lukunga, l'un des principaux systèmes hydrographiques de Kinshasa et l'un des affluents du fleuve Congo au niveau du Pool Malebo. Elle traverse des zones soumises à des degrés variables d'anthropisation. La dégradation observée de certaines portions de sa bande riveraine est susceptible d'influencer significativement la qualité physico-chimique de ses eaux. Malgré l'importance écologique et socioéconomique de cette rivière, peu

d'études ont analysé de manière quantitative les relations entre les caractéristiques des bandes riveraines et les paramètres physico-chimiques des eaux dans ce bassin versant urbain.

Dans le contexte actuel de gestion durable des ressources en eau et de restauration des écosystèmes aquatiques urbains, il apparaît indispensable de mieux comprendre le rôle joué par les bandes riveraines dans le maintien de la qualité des eaux de la rivière Lukunga. Cette étude vise ainsi à évaluer l'influence de la qualité de la bande riveraine sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Lukunga à Kinshasa. Plus spécifiquement, elle cherche à caractériser l'état écologique des bandes riveraines, à analyser la variabilité spatiale des paramètres physico-chimiques des eaux et à déterminer les relations existantes entre les composantes de la végétation riveraine et la qualité des eaux. Les résultats attendus contribueront à renforcer les connaissances scientifiques sur le fonctionnement des écosystèmes fluviaux tropicaux urbains et fourniront des informations utiles à l'élaboration de stratégies de conservation et de restauration écologique des cours d'eau de Kinshasa.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Localisation de milieu d'étude

Cette étude a été réalisée de novembre 2025 à juin 2026 dans le bassin versant de la rivière Lukunga qui est localisé dans la partie ouest et sud-ouest de la ville de Kinshasa (figure 1), au sein d'une zone de collines caractérisée par un relief accidenté. Il

est l'un des importants du bassin des vallées encaissées de la capitale congolaise et situé entre 15°11'0" et 15°17'0" de longitude est d'une part, et d'autre part, entre 4°20'0" et 4°27'0" de latitude sud et couvre près de 57,3 km² de superficie. La rivière Lukunga, longue près de 11,7 km, prend sa source dans la vallée de Matadi-Mayo, dans la commune de Mont-Ngafula, à une altitude d'environ 380 m, puis traverse plusieurs quartiers, notamment la cité Mama Mobutu, la colline de l'Université Pédagogique Nationale (UPN), Tshikapa, Malueka, Ngombe Lutendele et Pompage, avant de se jeter dans le fleuve Congo (Mbadu, 2001 ; Ntombi *et al.*, 2006 ; 2009 ; Kamb, 2013 ; Makanzu *et al.*, 2014). Son réseau hydrographique est alimenté par plusieurs affluents, dont les rivières Bikela, Kinkusa, Binza et Mangungu. Un canal artificiel, initialement aménagé en terre puis revêtu de béton, longe également la rivière sur près de 275 m afin de dériver une partie des eaux vers les installations de la REGIDESO.

Sur le plan géologique, le bassin repose sur un substrat schisto-gréseux appartenant à la série de l'Inkisi (Van Caillie, 1987). Cette formation affleure notamment au niveau des sources situées au pied de la colline de la cité Mama Mobutu ainsi que dans plusieurs zones d'érosion telles que Masikita, Marine et Matadi-Mayo (Mbadu, 2001). Les formations géologiques sont recouvertes d'une couche de sable fin, de couleur jaunâtre à brunâtre, dont l'épaisseur varie selon les secteurs. Cette couverture sableuse est particulièrement observable dans les zones érosives de Mataba à Binza Delvaux, de la cité Mama Mobutu et de Matadi Kibala.

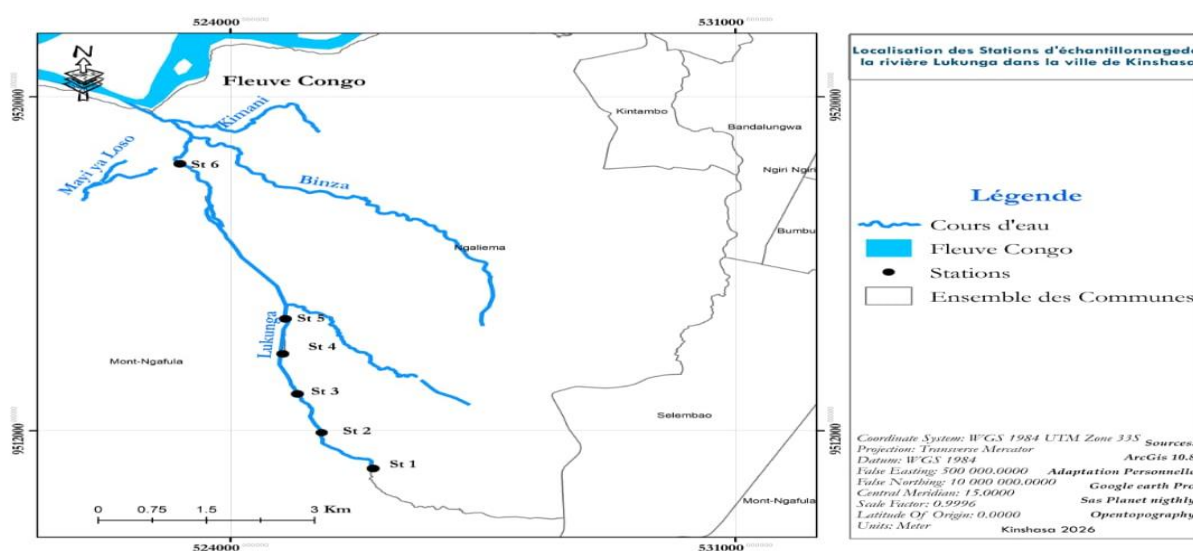


Figure 1. Localisation du bassin versant de la rivière Lukunga et les stations d'étude (OSM, 2024)

Selon la classification climatique de Köppen, le bassin de la Lukunga appartient au type climatique Aw4, correspondant à un climat tropical chaud de savane, caractérisé par des températures moyennes mensuelles supérieures à 18 °C tout au long de

l'année et par une alternance d'une saison sèche (mi-mai à mi-septembre) et d'une saison pluvieuse (mi-septembre à mi-mai) (Crabbe, 1975 ; Bultot & Griffiths, 1971).

Toutefois, les changements climatiques observés ces dernières années dans la région de Kinshasa tendent à modifier progressivement cette répartition saisonnière, soulignant la nécessité de réactualiser les connaissances climatiques du bassin afin de mieux appréhender les enjeux environnementaux et hydrologiques actuels.

2.2. Méthodes

Caractéristiques physico-chimiques des hydrosystèmes

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Lukunga a reposé sur plusieurs mesures effectuées sur le terrain et au laboratoire. Les paramètres mesurés in situ ont été la température de l'eau (°C), le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique à 20 °C (µS/cm), la turbidité (UNT), le potentiel d'oxydoréduction ou potentiel redox (mV), le total des solides dissous (TDS, ppm) et l'oxygène dissous (O₂, mg/L). Ces mesures ont été réalisées directement au niveau des stations d'échantillonnage à l'aide d'une sonde multiparamètre de marque SISCO-WQT-7L et d'oxymètre de marque Hanna HI9146.

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire du Commissariat Général à l'Énergie Atomique/Centre Régional d'Études Nucléaires de Kinshasa (CGEA/CREN-K) à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DR/2400. Les paramètres analysés concernaient les principales formes dissoutes d'éléments nutritifs et de minéraux, notamment le fer (Fe²⁺), l'ammonium (NH₄⁺), les nitrites (NO₂⁻), les nitrates (NO₃⁻), les phosphates (PO₄³⁻), le magnésium (Mg²⁺) et les sulfates (SO₄²⁻), dont les concentrations ont été exprimées en mg/L.

Les échantillons d'eau ont été filtrés au moyen de papiers filtres StonyLab (à pores de 50 µm) afin d'éliminer les particules en suspension susceptibles d'interférer avec les mesures avant les analyses spectrophotométriques. Après filtration, les réactifs spécifiques à chaque paramètre ont été ajoutés aux échantillons, puis les programmes analytiques correspondants ont été sélectionnés sur le spectrophotomètre conformément aux protocoles recommandés par le fabricant.

Par ailleurs, deux indicateurs de la charge organique des eaux ont été déterminés : la Demande Biologique en Oxygène sur cinq jours (DBO₅) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO), exprimées en mg/L. La DBO₅ a été mesurée après incubation des échantillons pendant cinq jours à une température constante de 20 °C, à l'abri de la lumière et de l'air, conformément aux normes usuelles d'analyse des eaux. Ces paramètres ont permis d'apprécier le niveau de pollution organique

ainsi que l'état écologique général de la rivière Lukunga.

Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR)

L'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) est une méthode d'évaluation rapide qui permet d'évaluer le degré d'intégrité écologique et l'état de conservation des écosystèmes riverains (Dupont-Hébert *et al.*, 2010). Cet indice repose sur l'analyse de plusieurs composantes du milieu riverain considérées comme représentatives de sa structure et de son fonctionnement écologique. Parmi celles-ci figurent les strates arborée, arbustive et herbacée, les zones de déboisement, les pelouses, les superficies cultivées, les sols dénudés, les affleurements rocheux ainsi que les aménagements et infrastructures d'origine anthropique (Saint-Jacques et Richard, 1998).

Chaque composante se voit attribuer un coefficient de pondération reflétant son importance écologique au sein de l'écosystème riverain. La valeur finale de l'IQBR traduit ainsi la capacité de la bande riveraine à assurer diverses fonctions écologiques essentielles, telles que la protection des berges contre l'érosion, la filtration des polluants, la régulation des écoulements de surface, ainsi que le maintien des habitats favorables à la faune et à la flore aquatiques et terrestres (Saint-Jacques et Richard, 1998).

Dans le cadre de cette étude, six stations d'observation ont été sélectionnées le long de la rivière Lukunga à la suite d'une reconnaissance préalable du bassin versant. Pour chaque station, les bandes riveraines des rives gauche et droite ont été évaluées séparément. Les proportions de recouvrement des différentes composantes du milieu ont été estimées visuellement sur le terrain, de manière à ce que leur somme atteigne 100 %. Les données recueillies ont ensuite été compilées afin de caractériser l'état écologique de chaque station (Saint-Jacques et Richard, 1998). L'Indice de Qualité de la Bande Riveraine a été calculé selon la formule proposée par le Comité du Bassin de la Jacques-Cartier (CBJC, 2010) :

$$IQBR = \frac{[\sum (\%i \cdot Pi)]}{10}$$

Où : (%i) représente le pourcentage de recouvrement de la composante *i* ; (Pi) correspond au coefficient de pondération attribué à cette composante ; *i* désigne chacune des composantes prises en compte dans l'évaluation.

Les valeurs obtenues ont ensuite été interprétées à l'aide de la grille de classification du CBJC (2010), permettant d'évaluer la capacité écologique et le niveau de fonctionnalité des bandes riveraines étudiées.

Tableau 1. Classification de la qualité écologique des bandes riveraines selon l'IQBR (CBJC, 2010)

Valeur de l'IQBR	Niveau de capacité écologique
≤ 19	Très faible
20 – 46	Faible
47 – 58	Moyenne
59 – 74	Bonne
75 – 100	Excellente

2.3 Analyse des données

Les données collectées relatives aux paramètres physico-chimiques de l'eau ainsi qu'aux caractéristiques de la bande riveraine de la rivière Lukunga ont été soumises à différentes analyses statistiques afin de mettre en évidence les variations spatiales observées entre les stations d'étude et d'évaluer les relations existantes entre les variables environnementales et la végétation riveraine. Ces traitements comprenaient des analyses descriptives, des tests de comparaison entre stations ainsi que des analyses multivariées.

Dans un premier temps, les paramètres physico-chimiques ont fait l'objet d'analyses descriptives permettant de déterminer les valeurs minimales, maximales, moyennes et les écarts-types de chaque variable mesurée. Ces statistiques ont permis de caractériser l'état général du milieu et d'apprécier les variations des conditions environnementales le long du cours de la rivière.

Afin de comparer les paramètres environnementaux entre les différentes stations d'échantillonnage, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé. Ce test constitue une alternative à l'analyse de variance (ANOVA) lorsque les conditions de normalité des données et d'homogénéité des variances ne sont pas respectées (Gibbons & Chakraborti, 2011). Il permet de déterminer si les distributions observées diffèrent significativement entre plusieurs groupes indépendants. Lorsque des différences significatives étaient mises en évidence, un test post hoc de Dunn a été appliqué afin d'identifier précisément les stations responsables de ces différences (McDonald *et al.*, 2014).

L'analyse des relations entre les composantes de la bande riveraine et les caractéristiques physico-chimiques de l'eau a été réalisée à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'une des méthodes d'ordination les plus couramment

employées en écologie pour l'exploration et l'interprétation des données multivariées (Legendre & Legendre, 1984 ; Ter Braak & Šmilauer, 1998 ; Kamb, 2018). Cette méthode permet de réduire la dimension d'un ensemble complexe de variables en un nombre limité d'axes factoriels, facilitant ainsi la visualisation des principales relations et structures sous-jacentes aux données.

Dans le cadre de cette étude, l'ACP a été utilisée pour mettre en évidence les liens existants entre les différentes composantes de la bande riveraine (strate arborée, arbustive, herbacée, surfaces cultivées, sols nus, infrastructures anthropiques, etc.) et les paramètres physico-chimiques de l'eau de la rivière Lukunga. Cette approche a permis d'identifier les variables riveraines les plus fortement associées aux variations de la qualité de l'eau et de caractériser les gradients environnementaux observés entre les stations d'échantillonnage.

L'ACP a également contribué à l'analyse des similitudes et des différences entre les stations en fonction de leurs caractéristiques riveraines et de leurs conditions physico-chimiques, mettant ainsi en évidence les facteurs susceptibles d'influencer le fonctionnement écologique du cours d'eau. Avant l'analyse, les données ont été organisées sous forme d'une matrice bidimensionnelle associant les stations d'étude aux différentes composantes de la bande riveraine et aux paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau.

Préalablement à l'analyse, les données ont été organisées sous forme de matrices bidimensionnelles associant les stations aux composantes de la bande riveraine ou aux paramètres physico-chimiques. Afin de réduire l'influence des écarts de distribution et de satisfaire les conditions d'application des méthodes multivariées, différentes transformations ont été appliquées : les données d'abondance ont été transformées selon la fonction $\log(x + 1)$, les variables environnementales selon $\ln(x + 1)$ et les données exprimées en pourcentage ont subi une transformation en arc sinus de la racine carrée (Kamb, 2018). L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel PAST (Paleontological Statistics), version 4.03, largement utilisé dans les études écologiques pour le traitement des données biologiques et environnementales.

3. RESULTATS

3.1. Paramètres physiques de l'eau

Les valeurs de paramètres physiques de l'eau sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2. Variations de valeurs de paramètres physiques des eaux de la Lukunga en 2026

Station	Paramètres physiques					
	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turb. (UNT)	P. redox (mV)	TDS (ppm)
St 1	27,9	221	7,91	109	98	109
St 2	27,5	251	7,85	125	101	125
St 3	27,2	212	6,96	107	147	107
St 4	27,9	217	6,94	110	168	110
St 5	26,9	348	7,23	116	143	116
St 6	26,4	334	7,62	166	67	166
Moyenne	27,3±0,53	263,8±56,1	7,43±0,39	122,16±20,4	120,66±34,6	122,16±20,48

La température de l'eau enregistrée dans les différentes stations de la rivière Lukunga a montré une faible variation spatiale, avec des valeurs comprises entre 26,4 °C à la station 6 et 27,9 °C aux stations 1 et 4. La moyenne observée était de $27,3 \pm 0,53$ °C, ce qui traduit une relative homogénéité des conditions thermiques le long du cours d'eau.

La conductivité électrique a présenté des valeurs variant de 212 µS/cm à la station 3 à 348 µS/cm à la station 5, pour une moyenne de $263,8 \pm 56,1$ µS/cm. Ces résultats traduisent une minéralisation modérée des eaux, pouvant être attribuée aux apports issus du ruissellement, à l'altération des substrats géologiques ainsi qu'aux activités anthropiques développées dans le bassin versant.

La turbidité des eaux a fluctué entre 107 UNT à la station 3 et 166 UNT à la station 6, avec une moyenne de $122,16 \pm 20,48$ UNT. Les valeurs observées révèlent une forte charge en matières en suspension, probablement liée aux phénomènes d'érosion des berges, au transport de particules fines par les eaux de ruissellement et aux perturbations anthropiques affectant le bassin.

Le potentiel hydrogène (pH) a varié de 6,94 à la station 4 à 7,91 à la station 1, avec une valeur moyenne de $7,43 \pm 0,39$. Ces résultats indiquent que les eaux de la rivière Lukunga sont globalement neutres à légèrement alcalines, conditions généralement favorables au développement de nombreuses communautés aquatiques.

Le potentiel d'oxydoréduction a enregistré des valeurs comprises entre 67 mV à la station 6 et 168 mV à la station 4, pour une moyenne de $120,66 \pm 34,6$ mV. Ces valeurs traduisent des conditions majoritairement oxydantes au sein du milieu aquatique, favorisant les processus biologiques et chimiques liés à la dégradation de la matière organique.

Les concentrations en solides dissous totaux (TDS) ont oscillé entre 107 ppm à la station 3 et 166 ppm à la station 6, avec une moyenne de $122,16 \pm 20,48$ ppm. Ces teneurs reflètent une quantité modérée de substances dissoutes dans les eaux de la rivière, en cohérence avec les valeurs de conductivité observées.

L'analyse comparative réalisée au moyen du test non paramétrique de Kruskal-Wallis a révélé l'existence de différences significatives entre les stations pour l'ensemble des paramètres physiques étudiés ($H = 30,2$; $p < 0,05$). Ce résultat met en évidence une hétérogénéité spatiale des caractéristiques physiques de l'eau le long de la rivière Lukunga, traduisant l'influence des conditions environnementales locales et des pressions anthropiques exercées sur les différents secteurs du cours d'eau au cours de la période d'étude.

3.2 Paramètres chimiques de l'eau

Les valeurs de paramètres physiques de l'eau sont consignées dans le tableau 3

Tableau 3. Variations de valeurs de paramètres chimiques des eaux de la Lukunga en 2026

Station	Paramètres chimiques (mg/L)							
	Oxydis	DCO	DBO5	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁺
St 1	0,41	54,38	36,25	5,19	0,064	328,2	0,252	22,01
St 2	0,33	54,96	36,64	4,81	0,102	322,6	0,259	18,06
St 3	0,65	55,59	37,06	4,54	0,072	335,7	0,261	20,17
St 4	0,48	61,16	40,77	6,13	0,093	317,9	0,196	17,31
St 5	0,36	59,78	39,85	4,73	0,082	325,3	0,188	19,03
St 6	0,45	60,57	40,38	5,26	0,904	323	0,162	23,02
Moyenne	0,45±0,1	57,74±2,8	38,49±1,9	5,1±0,5	0,08±0,01	325,5±5,5	0,22±0,04	19,9±2,05

Les teneurs en oxygène dissous mesurées dans les eaux de la rivière Lukunga ont présenté des variations comprises entre 0,33 mg/L à la station 2 et 0,65 mg/L à la station 3, pour une valeur moyenne de $0,45 \pm 0,10$ mg/L. Les faibles concentrations observées témoignent d'une oxygénation réduite du milieu aquatique, susceptible d'être liée à une forte activité de décomposition de la matière organique et à une charge polluante relativement importante.

La demande chimique en oxygène (DCO) a enregistré des valeurs allant de 54,38 mg/L à la station 1 à 61,16 mg/L à la station 4, avec une moyenne de $57,74 \pm 2,8$ mg/L. Ces résultats révèlent la présence d'une quantité relativement élevée de matières organiques et minérales oxydables dans les eaux de la rivière.

La demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO₅) a varié entre 36,25 mg/L à la station 1 et 40,77 mg/L à la station 4, pour une moyenne de $38,49 \pm 1,9$ mg/L. Les valeurs obtenues traduisent une charge organique importante et une activité biologique soutenue liée à la dégradation des matières biodégradables présentes dans le milieu. Les concentrations en magnésium (Mg²⁺) ont fluctué de 4,54 mg/L à la station 3 à 6,13 mg/L à la station 4, avec une moyenne de $5,1 \pm 0,5$ mg/L, indiquant une répartition relativement homogène de cet élément dans l'ensemble des stations étudiées.

Les teneurs en ammonium (NH₄⁺) sont restées faibles dans toutes les stations, variant entre 0,064 mg/L à la station 1 et 0,102 mg/L à la station 2, pour une moyenne de $0,08 \pm 0,01$ mg/L. Ces concentrations suggèrent une faible accumulation de composés azotés réduits dans le milieu aquatique.

Les nitrates (NO₃⁻) ont présenté les concentrations les plus élevées parmi les éléments nutritifs analysés, avec des valeurs comprises entre 317,9 mg/L à la station 4 et 335,7 mg/L à la station 3, pour une moyenne de $325,5 \pm 5,5$ mg/L. Ces teneurs élevées peuvent être attribuées aux apports issus du ruissellement, des activités agricoles, des rejets domestiques ou d'autres sources anthropiques présentes dans le bassin versant.

Les concentrations en nitrites (NO₂⁻) ont oscillé entre 0,162 mg/L à la station 6 et 0,261 mg/L à la station 3, avec une moyenne de $0,22 \pm 0,04$ mg/L. Bien que relativement faibles, ces valeurs traduisent l'existence de processus de transformation de l'azote au sein du système aquatique. Les sulfates (SO₄²⁻) ont varié entre 17,31 mg/L à la station 4 et 23,02 mg/L à la station 6, pour une moyenne de $19,9 \pm 2,05$ mg/L. Ces concentrations reflètent les apports naturels liés à l'altération des formations géologiques ainsi que les contributions potentielles des activités humaines exercées dans le bassin versant.

L'analyse comparative effectuée à l'aide du test non paramétrique de Kruskal-Wallis a mis en évidence des différences significatives entre les stations pour les paramètres chimiques étudiés ($H = 45,37$; $p < 0,05$). Ce résultat indique une hétérogénéité spatiale de la qualité chimique des eaux de la rivière Lukunga, traduisant l'influence combinée des caractéristiques environnementales locales et des pressions anthropiques exercées sur les différents secteurs du bassin versant.

3.3. Composition et qualité de la bande riveraine

Tableau 4. Composition et qualité de la bande riveraine de la rivière Lukunga en 2026

Composantes de la bande riveraine (en %)	Stations						Moyenne
	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	
Forêt	0	0	0	0	0	0	0
Arbustes	0,5	10	0	0	0	0	$1,75 \pm 4$
Herbes	95	72,5	98	75	90	15	$74,25 \pm 31$
Culture	0	7,5	0	15	0	0	$4,25 \pm 6,3$
Friches Pelouse	0	0	0	0	0	2,5	$0,42 \pm 1$
Sol nu	4,5	0	2	10	10	0	$4,4 \pm 4,6$
Socle Rocheux	0	0	0	0	0	0	0
Infrastructures	0	10	0	0	0	82,5	$15,42 \pm 33$
IQBR	57	54	57	48	54	25	49
Capacité de la bande	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne

L'analyse de la composition de la bande riveraine a montré une absence totale (0 %) de couverture forestière et de socle rocheux sur l'ensemble des stations examinées, ce qui traduit une forte modification du milieu naturel. Les arbustes ont été très peu représentés, avec une moyenne de $1,75 \pm 4$ %, et n'atteignent que 10 % à la station St 2.

La végétation herbacée a constitué la composante la plus dominante de la bande riveraine de la rivière Lukunga, avec des proportions variant de 15 % à la station 6 à 98 % à la station 3, pour une moyenne de $74,25 \pm 31$ %. Cette forte dominance des herbes naturelles indique une simplification de la structure végétale et une faible présence des strates ligneuses. Les cultures maraîchères ont occupé jusqu'à 15 % de la surface à la station St 4, avec une moyenne de $4,25 \pm 6,3$ %, tandis que les sols nus ont représenté en moyenne $4,4 \pm 4,6$ %, atteignant 10 % aux stations St 4 et St 5, ce qui témoigne localement d'une dégradation des berges.

Les infrastructures ont présenté la plus grande variabilité spatiale, avec une couverture allant de 0 % dans la majorité des stations à 82,5 % à la station St 6, pour une moyenne de $15,42 \pm 33$ %. Cette forte proportion observée à la station 6 traduit une importante artificialisation des berges, susceptible d'altérer les fonctions écologiques de la bande riveraine.

Les valeurs de l'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) ont varié entre 25 et 57. Les stations St 1, St 2, St 3, St 4 et St 5 ont présenté respectivement des IQBR de 57, 54, 57, 48 et 54, correspondant à une capacité écologique moyenne. Cependant, la station St 6 a affiché un IQBR de 25, indiquant une faible capacité écologique, en raison notamment de la forte présence d'infrastructures et de la faible couverture végétale.

La valeur moyenne de l'IQBR pour l'ensemble des stations a été de 49, ce qui classe globalement la bande riveraine de la rivière Lukunga dans la catégorie de capacité écologique moyenne. Cette situation traduit un état intermédiaire, où certaines fonctions écologiques sont encore assurées par la couverture végétale herbacée dominante, mais où la disparition des formations forestières et la présence d'activités anthropiques limitent fortement le potentiel écologique des berges.

Par ailleurs, l'écart observé entre les stations a mis en évidence une hétérogénéité de l'état de conservation de la bande riveraine. Les stations St 1, St 2, St 3 et St 5, avec des IQBR compris entre 54 et 57, qui apparaissent relativement mieux préservées, tandis que la station St 4 (IQBR = 48) s'est située à la limite inférieure de la catégorie « moyenne ». La station St 6 s'est distinguée nettement des autres avec un IQBR de 25, soit une valeur deux fois plus faible que celles enregistrées dans les stations les mieux conservées.

Dans l'ensemble, ces résultats ont montré que la bande riveraine de la rivière Lukunga est dominée par une végétation herbacée ($74,25 \pm 31$ %) et caractérisée par une quasi-absence de végétation ligneuse (arbres : 0 % ; arbustes : $1,75 \pm 4$ %). Cette structure végétale simplifiée, associée à la présence de cultures maraîchères ($4,25 \pm 6,3$ %), de sols dénudés ($4,4 \pm 4,6$ %) et d'infrastructures ($15,42 \pm 33$ %), traduit une influence importante des activités humaines sur les écosystèmes riverains.

Corrélations entre les composantes de la bande riveraine et les paramètres physico-chimiques

La figure ci-dessous présente les corrélations entre les composantes de la bande riveraine et les paramètres physico-chimiques.

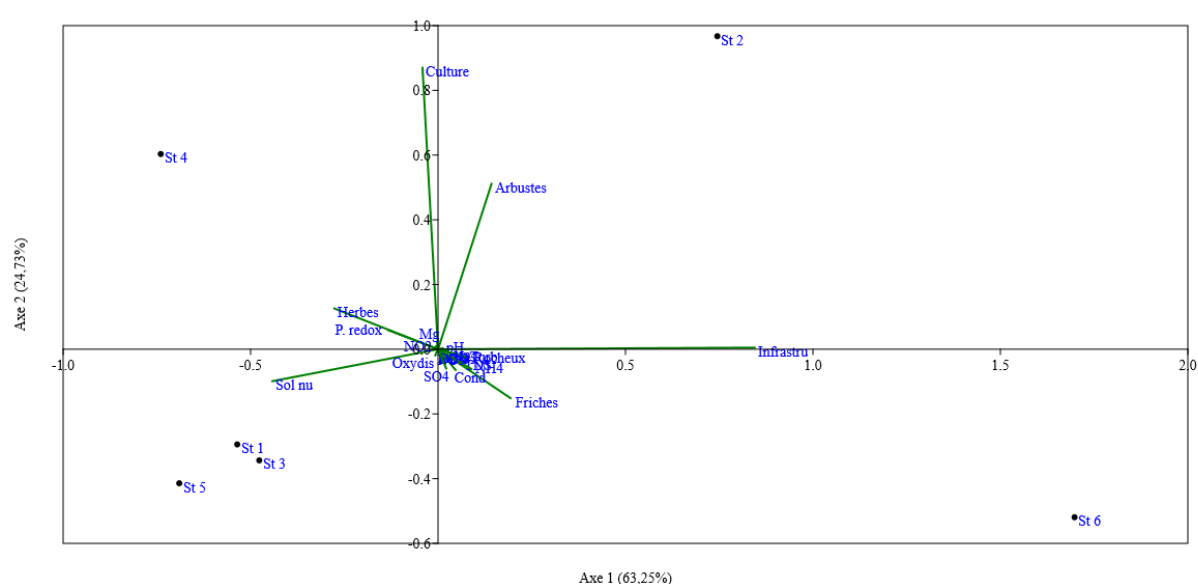


Figure 2. Corrélations entre les composantes de la bande riveraine et les paramètres physico-chimiques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de résumer 87,99 % de la variabilité totale des données sur les deux premiers axes factoriels, dont 63,26 % expliqués par l'axe 1 et 24,73 % par l'axe 2. Cette forte proportion de variance expliquée indique que les deux premiers axes décrivent efficacement les principales relations entre les composantes de la bande riveraine et les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la rivière Lukunga.

L'axe 1 est principalement associé aux infrastructures (0,812), qui constituent la variable la plus fortement corrélée positivement à cet axe. Cependant, les sols nus (-0,425) et, dans une moindre mesure, les herbes (-0,266), ont présenté des corrélations négatives. Ce gradient traduit une opposition entre les secteurs fortement anthropisés et les secteurs davantage dominés par une couverture végétale herbacée ou des surfaces dénudées. Les paramètres physico-chimiques de l'eau ont présenté généralement de faibles corrélations avec cet axe, indiquant que les variations observées ont été davantage liées à la structure de la bande riveraine qu'aux caractéristiques chimiques de l'eau.

L'axe 2 est principalement influencé par les cultures (0,836), suivies des arbustes (0,491). Cette composante reflète un gradient d'occupation des berges marqué par l'activité agricole et la présence de formations arbustives. Les herbes (0,121) présentent également une faible contribution positive, tandis que les friches (-0,145) sont faiblement corrélées négativement à cet axe.

Les paramètres physico-chimiques étudiés ont présenté des coefficients de corrélation relativement faibles sur les deux axes. Parmi eux, l'ammonium (NH_4^+ ; 0,085), la turbidité (0,067), les solides dissous totaux (TDS ; 0,067) et la conductivité (0,045) ont montré de légères associations positives avec l'axe 1, alors que le potentiel redox (-0,128) a présenté une corrélation négative. Ces résultats ont suggéré que les secteurs caractérisés par une plus forte occupation anthropique pourraient être associés à une légère augmentation de certains paramètres traduisant des apports de matières dissoutes et particulaires.

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus ont renseigné que les eaux de la rivière Lukunga ont présenté des caractéristiques physico-chimiques fortement influencées par les activités anthropiques exercées dans son bassin versant. Les températures relativement homogènes observées entre les stations (26,4 à 27,9 °C) sont caractéristiques des cours d'eau tropicaux de faible profondeur exposés à un ensoleillement important (Kamb, 2018 ; Sisa *et al.*, 2018 ; Sisa *et al.*, 2022). Ces valeurs se sont situées dans l'intervalle

généralement observé dans les rivières urbaines de la région de Kinshasa et favorisent le développement des processus biologiques et biochimiques au sein de l'écosystème aquatique (Wetzel, 2001).

Les faibles concentrations en oxygène dissous (0,33 à 0,65 mg/L) associées aux valeurs élevées de DBO₅ (36,25 à 40,77 mg/L) et de DCO (54,38 à 61,16 mg/L) ont traduit une dégradation importante de la qualité de l'eau de cet hydrosystème. Cette situation indique une forte charge en matières organiques biodégradables dont la décomposition entraîne une consommation importante de l'oxygène dissous disponible. De telles conditions sont fréquemment observées dans les cours d'eau soumis aux rejets domestiques, aux eaux usées non traitées et aux apports de déchets organiques provenant des zones urbanisées (Chapman & Kimstach, 1996 ; Allan & Castillo, 2007). Ce qui est observé dans le bassin versant de la rivière Lukunga. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Sisa *et al.* (2022) dans le même hydrosystème.

Les concentrations élevées en nitrates (317,9 à 335,7 mg/L) ont confirmé également l'existence d'importants apports nutritifs dans le bassin versant. Ces teneurs peuvent résulter du ruissellement des zones cultivées, de la lixiviation des sols perturbés ainsi que des rejets domestiques et urbains. L'enrichissement en azote a constitué un facteur majeur de dégradation des milieux aquatiques puisqu'il favorise les phénomènes d'eutrophisation et modifie l'équilibre écologique des écosystèmes aquatiques (Dodds & Smith, 2016).

L'analyse de la bande riveraine a révélé une forte altération de la végétation naturelle. L'absence totale de couverture forestière dans toutes les stations étudiées témoigne d'une dégradation avancée de l'écosystème riverain. Les formations forestières jouent pourtant un rôle fondamental dans la régulation thermique des cours d'eau, la stabilisation des berges, la réduction de l'érosion et la filtration des polluants provenant des bassins versants (Naiman & Décamps, 1997 ; Sweeney & Newbold, 2014). Leur disparition contribue probablement à l'augmentation de la turbidité observée dans la rivière Lukunga ainsi qu'à l'accroissement des apports sédimentaires.

La domination de la strate herbacée ($74,25 \pm 31,00$ %) traduit une simplification de la structure de la végétation riveraine. Bien que les herbacées participent à la protection superficielle des sols, elles assurent généralement des fonctions écologiques moins efficaces que les formations arbustives et arborées pour le contrôle des écoulements, la rétention des nutriments et le maintien de la biodiversité. Cette situation est souvent observée dans les milieux soumis à des

perturbations anthropiques récurrentes telles que le défrichement, le pâturage, les activités agricoles et l'urbanisation (Gregory *et al.*, 1991).

La présence de cultures dans certaines stations et l'importance des infrastructures, particulièrement à la station 6 où elles occupent 82,5 % de la bande riveraine, illustrent l'intensité de l'occupation humaine le long du cours d'eau. Ces aménagements favorisent le ruissellement des eaux de surface, l'apport de nutriments et de matières en suspension ainsi qu'une dégradation progressive des habitats riverains. La station 6 apparaît ainsi comme le secteur le plus perturbé de l'ensemble du bassin étudié.

Les valeurs de l'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) comprises entre 25 et 57 confirment cette tendance. La majorité des stations présentent une qualité écologique moyenne, tandis que la station 6 est caractérisée par une faible capacité écologique. La valeur moyenne de l'IQBR (49) traduit un état globalement dégradé de la bande riveraine de la Lukunga. Cette situation suggère que les fonctions écologiques assurées par la végétation riveraine, notamment la filtration des polluants, la stabilisation des berges et la protection des habitats aquatiques, sont partiellement compromises.

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales renforcent cette interprétation. En effet, les infrastructures, les cultures, les herbes et les sols nus apparaissent comme les principaux facteurs structurant les stations étudiées, tandis que les paramètres physico-chimiques présentent des corrélations relativement faibles avec les axes factoriels. Cette configuration suggère que l'état écologique de la rivière est davantage influencé par l'occupation et l'utilisation des bandes riveraines que par les variations locales de la qualité de l'eau. Plusieurs études ont montré que les modifications de la végétation riveraine exercent un effet direct sur les caractéristiques hydrologiques, physico-chimiques et biologiques des cours d'eau, particulièrement dans les bassins fortement urbanisés (Allan, 2004 ; Richardson *et al.*, 2007).

Dans l'ensemble, les résultats mettent en évidence une relation étroite entre la dégradation de la bande riveraine et l'altération de la qualité des eaux de la rivière Lukunga. L'absence de végétation forestière, la prédominance des herbes, l'extension des infrastructures et des activités agricoles contribuent à réduire la capacité de résilience écologique du système riverain et favorisent les apports de matières organiques, de nutriments et de sédiments vers le cours d'eau. Ces observations soulignent la nécessité de mettre en œuvre des actions de restauration des bandes riveraines afin d'améliorer durablement la qualité écologique de la rivière Lukunga.

Généralement, l'ACP a mis en évidence que les composantes de la bande riveraine, notamment les infrastructures, les cultures, les herbes et les sols nus, ont constitué les principaux facteurs expliquant la structuration spatiale des stations étudiées. Les variables physico-chimiques de l'eau apparaissent quant à elles moins discriminantes, indiquant une relative homogénéité de la qualité de l'eau entre les stations comparativement aux fortes différences observées dans l'occupation des berges. Les résultats ont suggéré ainsi que la dynamique écologique de la rivière Lukunga est davantage influencée par le degré d'anthropisation et la composition de la bande riveraine que par les variations physico-chimiques mesurées au cours de la période d'étude.

5. CONCLUSION

L'étude sur l'évaluation de l'influence de la qualité de la bande riveraine sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Lukunga a montré que la qualité écologique de cette dernière est fortement conditionnée par le niveau d'anthropisation des bandes riveraines. Les modifications de l'occupation de ses berges, notamment la disparition de la végétation ligneuse au profit des infrastructures, des cultures et des formations herbacées, apparaissent comme les principaux facteurs associés à la dégradation du fonctionnement écologique du système riverain.

Les résultats soulignent l'intérêt de l'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) comme outil d'évaluation de l'état écologique des milieux riverains urbains et confirment l'importance de préserver les corridors riverains pour limiter les effets des pressions anthropiques sur les écosystèmes aquatiques. Ils fournissent également des éléments d'aide à la décision pour la planification des actions de restauration écologique dans le bassin versant de la Lukunga. Des travaux futurs intégrant les communautés biologiques (macroinvertébrés, poissons ou odonates) ainsi qu'un suivi saisonnier pourrait permettre d'affiner l'évaluation des réponses écologiques à la restauration des bandes riveraines.

Références

- Allan J. D., 2004. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Revue annuelle de l'écologie, de l'évolution et de la systématique*, 35(1), 257-284.
- Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284.
- Allan J. D. & Castillo M. M., 2007. *Stream ecology: Structure and function of running waters*. 2nd ed., Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>.
- Broadmeadow S. & Nisbet T. R., 2004. The effects of riparian forest management on the freshwater

- environment: A literature review of best management practice. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(3), 286–305.
- Bultot F. & Griffit J. F., 1971. The equatorial wet zone. *Word survey of climatology*, 10, 451–456.
- Chapman D. & Kimstach V., 1996. Selection of water quality variables. In D. Chapman (Ed.), *Water quality assessments*, 2nd ed., pp. 59–126. UNESCO/WHO/UNEP.
- Corporation du bassin Jacques Cartier (CBJC), 2010. *Convention, restauration et mise en valeur de la rivière à mette*. N° de référence : 2009-102, 10 p.
- Crabbe M., 1975. *Le climat de Kinshasa : D'après les observations centrées sur la période 1931–1970*. Service météorologique, Département des Transports et Communications, Kinshasa. Hachette, Bruxelles, 120 p.
- Dodds W. K. & Smith V. H., 2016. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters*, 6(2), 155–164.
- Dodds W. K. & Whiles M. R., 2020. *Freshwater ecology: Concepts and environmental applications of limnology* (3rd ed.). Academic Press, 1 024 p.
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Lévêque C., Naiman R. J., Prieur-Richard A. H., Soto D., Stiassny M. L. & Sullivan C. A., 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163–182.
- Dupont-Hébert D., Lavoie C. & Guay G., 2010. *Guide d'utilisation de l'Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR)*. 2e édition, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Québec, Canada, 41 p.
- Gibbons J. D. & Chakraborti S., 2011. *Nonparametric Statistical Inference* (5th ed.). Chapman & Hall/CRC, 648 p.
- Gregory S. V., Swanson F. J., McKee W. A. & Cummins K. W., 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41(8), 540–551.
- Kamb T. J.-C., 2018. *Structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques et évaluation de la qualité biologique et écologique des rivières Gombe, Kinkusa et Mangenge à Kinshasa/ RD Congo*. Thèse de doctorat, UPN ; RD Congo, 201 p + Annexes.
- 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 Kinshasa / R.D-Congo*. Mémoire de DEA, UPN, RDC, 80 p.
- Legendre P. & Legendre L., 1984. *Écologie numérique : La structure des données écologiques*. 2^e éd., Paris : Masson, 335 p.
- Luke S. H., Slade E. M., Gray C. L., Annammala K. V., Drewer J., Williamson J., Agama A. L., Ationg M., Mitchell S. L., Vairappan C. S. & Struebig M. J., 2019. Riparian buffers in tropical agriculture: Scientific support, effectiveness and directions for policy. *Journal of Applied Ecology*, 56(1), 85–92.
- Makanzu I. F., Dewitte O., Ntombi M. & Moeyersons J., 2014. Topographic and road control of mega-gullies in Kinshasa (DR Congo). *Geomorphology*, 217, 131–139.
- Mbadu Z.V., 2001. *Le bassin versant de la rivière Lukunga, impact de son utilisation sur son environnement*. Mémoire inédit de DESS, ERAIFT, 138 p.
- McDonald R. I., Weber K., Padowski J., Flörke M., Schneider C., Green P. A., Gleeson T., Eckman S., Lehner B., Balk D., Boucher T., Grill G. & Montgomery M. R., 2014. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, 27, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.022>
- Mensah P. K., Muller W. J. & Palmer C. G., 2021. Land use and water quality in African river basins: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 368 p.
- Naiman R. J. & Décamps H., 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621–658.
- Naiman R. J., Décamps H. & McClain M. E., 2005. *Riparia: Ecology, conservation and management of streamside communities*. Elsevier Academic Press. 430 p.
- Ntombi M. K. & Makanzu I. F., 2006. Réponse du bilan hydrométrique à la dégradation spécifique du bassin versant de Lukunga à Kinshasa. *Annales de la faculté des Sciences, Université de Kinshasa*, 1, 67–77
- Ntombi M.K., Yina N., Kisangala, M. & Makanzu I.M.F., 2009. Evolution des précipitations supérieures ou égales à 15mm durant la période 1972- 2002 à Kinshasa. *Rev. Congolaise des Sc. Nucl.*, 20, 30–40.
- Reid A. J., Carlson A. K., Creed I. F., Eliason E. J., Gell P. A., Johnson P. T. J., Kidd K. A., MacCormack T. J., Olden J. D., Ormerod S. J., Smol J. P., Taylor W. W., Tockner K., Vermaire J. C., Dudgeon D. & Cooke S. J., 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873.
- Richardson J. S. & Béraud S., 2014. Effects of riparian forest harvest on streams: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1712–1721.
- Richardson J. S., Danehy R. J., Bisson, P. A., Palmer M. A., O'Keefe T. C. & Quinn T. P., 2007. Riparian management, stream ecosystems, and aquatic conservation. *Conservation Biology*, 21(4), 1001–1009.
- Saint-Jacques N. & Richard Y., 1998. *Développement d'un indice de la qualité de la bande riveraine : application à la rivière chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique*. Ministère de l'Environnement et de la Faune. éd. Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, envirodop, n° EN980022.
- Sisa E.M., Kamb J.-C.K., Pwema V.K., Mutambel D.H. & Bunda N.P.M., 2022. Structure of Odonata populations in the riparian strips of the Bumbu River watershed in Kinshasa /RD Congo, *International Journal of Science and Research Archive*, 06(01), 028–039.

Sisa E.M., Kamb J-C.T, Lohaka D.J., Mutambel'HIty S.N.D., Bunda N.P.M. & Munganga G.J., 2025. Étude de l'influence de la qualité des zones riveraines sur la diversité des odonates dans le bassin versant de la rivière N'saya à Kinshasa RDC. *Afrique SCIENCE*, 27(4), 101 – 117.

Sisa Mbungu E., Mukwita Ntwabwa J., Mutambel H. & Pwema Kiamfu V., 2018. Contribution à l'étude de la structure et de la dynamique des peuplements ichthyologiques des cours d'eau de la ville de Kinshasa : Cas de la rivière Lukunga. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24(3), 1357–1371.

Sisa M.E., 2023. *Etude de la structure des peuplements des Odonates des bassins versants des rivières Bumbu et Lukunga à Kinshasa /RD Congo*. Mémoire de DEA, UPN, 163 p.

Sweeney B. W. & Newbold J. D., 2014. Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat and organisms: A literature review. *Journal of the American Water Resources Association*, 50(3), 560–584.

Ter Braak C.J.F. & Smilauer P., 1998. *CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows*. Version 4, Centre for Biometry, ageningen, Pays Bas, 351 p.

Van Caillie X.D., 1987. *Notice de présentation de la carte géomorphologique et géotechnique de Kinshasa, BEAU, Kinshasa*, 125 p.

Wantzen K. M., Yule C. M., Mathooko J. M. & Pringle C. M., 2008. Organic matter processing in tropical streams. In D. Dudgeon (Ed.), *Tropical Stream Ecology*, pp. 43–64.

Wetzel R. G., 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd ed., Academic Press, 1006 p.

Yamba Y. Y., Mbadu Z. V. & Koto-te-Nyiwa N. G., 2022. Evaluation of the state of riparian ecosystems in the city of Kinshasa by the quality of riparian strips: The case of the Bumbu River (DR Congo). *International Journal of Science and Research Archive*, 6(1), 113–124.

Yao K. M., Metongo B. S., Trokourey A. & Bokra Y., 2015. Influence des activités anthropiques sur la qualité des eaux de surface en Afrique de l'Ouest : synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(1), 557–571.