



Caractérisation physico-chimiques et microbiologique des sources d'eau dans le secteur de Luniungu, territoire Bulungu, province du Kwilu (RDC)

[Physico-chemical and microbiological characterization of water sources in the Luniungu area, Bulungu territory, Kwilu province (DRC)]

Berlly Massanza Mboma Kahula^{1,2}, Willy Swana Lusasi^{2*}, Lionel Tsotsa Asambo^{2,3}, Georges Mbana Bundu³, Odette Ngandu Kabena^{2,3,4}, Victor Kiamfu Pwema² & Jeff Bekomo Iteku²

¹Institut Supérieur Pédagogique de Bulungu (ISP/Bulungu), Section Sciences Exactes, Département de Biologie-Chimie, BP 01 Bulungu (RDC)

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Sciences de la Vie, B.P 190 Kinshasa (RDC)

³Centre d'Excellence Chimique Biologique Radiologique et Nucléaire de la R.D.C (CoE-CBRN), Ministère de l'Enseignement Supérieur, Universitaire, Recherche Scientifique et Innovations (RDC)

⁴Comité National de Protection contre les Rayons Ionisants, Ministère de l'Enseignement Supérieur, Universitaire, Recherche Scientifique et Innovations (RDC)

Résumé

L'accessibilité à l'eau potable reste un défi essentiel dans des pays en développement tels que la République Démocratique du Congo. Cette étude a pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique de base de l'eau des six sources dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu dans la province du Kwilu en RD Congo ; en vue d'évaluer le niveau de potabilité de l'eau de boisson consommée par la population de cette contrée. La collecte des données a été effectuée durant deux ans entre 2024 et 2025 au cours desquels des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau ont été analysés in situ et ex situ durant la saison sèche et de pluies. Les résultats obtenus montrent que l'eau des six sources prospectées au cours de cette étude est d'une mauvaise qualité, en tenant compte des valeurs normatives établies par l'OMS pour une eau de boisson. La conductivité est plus élevée durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche où l'eau de la source Bengi (avec $91,2 \pm 1,04 \mu\text{S}/\text{cm}$ en saison de pluies et $86,8 \pm 0,64 \mu\text{S}/\text{cm}$ en saison sèche) présente le pic de la conductivité la plus élevée que toutes les autres sources. Le pH est compris entre $3,17 \pm 0,00$ dans la source Luniungu durant la saison sèche et $5,09 \pm 0,00$ dans la source Kiyaka 1 durant la saison de pluies et restent de loin inférieures aux valeurs guides (pH compris entre 6,5 et 8,5) préconisées par l'OMS. Les fortes concentrations des ions nitrates sont relevées dans la source Bengi (soit $20,51 \pm 0,01 \text{mg}/\text{L}$ durant la saison sèche et les faibles concentrations ont été obtenues dans la source Kiyaka 1 (soit $10,02 \pm 0,07 \text{mg}/\text{L}$ durant la saison sèche). L'eau des six sources analysées portent des fortes charges microbiennes en contradiction totale avec les exigences de qualité établies par l'OMS pour l'eau de boisson. La charge de tous les germes (*Escherichia coli*, *Proteus* sp, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Staphylococcus aureus*, *S. epidemidis*, *S. saprophytis*, *Pseudomonas* sp, moisissures, germes totaux et les bactéries mésophiles) isolés au cours de cette étude dans l'eau des six sources reste très élevée durant la saison de pluies comme à la saison sèche avec une prédominance des germes *Escherichia coli* notamment dans l'eau des sources Kiyaka 1 et Kiyaka 2. Il est probable que la contamination de l'eau des sources soit liée aux excréments humains et animaux.

Mots-clés : Qualité physico-chimique, Microbiologie, Potabilité, Bulungu, RD Congo

Abstract

Access to safe drinking water remains a key challenge in developing countries such as the Democratic Republic of the Congo. The aim of this study is to determine the basic physico-chemical and microbiological quality of water from six springs in the Luniungu area, Bulungu territory, in Kwilu province, DR Congo; with a view to assessing the potability of the drinking water consumed by the local population. Data collection took place over a two-year period between 2024 and 2025, during which the physico-chemical and microbiological parameters of the water were analysed both in situ and ex situ during the dry and rainy seasons. The results show that the water from the six springs surveyed during this study is of poor quality, based on the standards set by the WHO for drinking water. Conductivity is higher during the rainy season than during the dry season; the water from the Bengi spring (with $91.2 \pm 1.04 \mu\text{S}/\text{cm}$ in the rainy season and $86.8 \pm 0.64 \mu\text{S}/\text{cm}$ in the dry season) has the highest peak conductivity of all the springs. The pH ranges from 3.17 ± 0.00 in the Luniungu spring during the dry season to 5.09 ± 0.00 in the Kiyaka 1 spring during the rainy season, and remains well below the guideline values (pH between 6.5 and 8.5) recommended by the WHO. High concentrations of nitrate ions were recorded in the Bengi spring ($20.51 \pm 0.01 \text{mg}/\text{L}$ during the dry season), whilst low concentrations were found in the Kiyaka 1 spring ($10.02 \pm 0.07 \text{mg}/\text{L}$ during the dry season). The water from the six springs analysed has high microbial loads, which is completely at odds with the quality requirements established by the WHO for drinking water. The total microbial load (*Escherichia coli*, *Proteus* sp, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprophytis*, *Pseudomonas* sp, moulds, total bacteria and mesophilic bacteria) isolated during this study from the water of the six springs remains very high during both the rainy and dry seasons, with a predominance of *Escherichia coli*, particularly in the water from the Kiyaka 1 and Kiyaka 2 springs. It is likely that the contamination of the spring water is linked to human and animal faeces.

Keywords: Physico-chemical quality, Microbiology, Potability, Bulungu, DR Congo

*Auteur correspondant : Willy Swana Lusasi, (willy.lusasi@unikin.ac.cd). Tél. : (+243) 813662026

 <https://orcid.org/0000-0002-2526-7903>; Reçu le 04/05/2026 ; Révisé le 26/05/2026 ; Accepté le 18/06/2026

DOI : <https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i3.300>

Copyright: ©2026 Kahula et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

L'eau douce est un élément essentiel à la survie (des hommes, des animaux et de plantes) (Kahoul & Touhami, 2014). Elle constitue une ressource essentielle et stratégique à la survie de l'être humain (Odoulami, 2009). En tant que telle, elle requiert une considération spéciale étant donné qu'elle peut être exposée à de graves dangers en raison des actions humaines (PRO-WASH, 2022). D'après Emmanuel et al., (2004), toutes les actions humaines qui nécessitent l'exploitation des ressources naturelles entraînent la génération de déchets (qu'ils soient solides ou liquides) et d'émissions gazeuses susceptibles de provoquer une dispersion de polluants.

L'eau joue un rôle de plus en plus crucial dans l'économie humaine, tandis que l'approvisionnement en eau douce en qualité et quantité s'avère de plus en plus complexe, notamment à cause de la croissance démographique et de l'amélioration du niveau de vie, ainsi que du progrès rapide des méthodes industrielles modernes (Nkuadi et al., 2023).

En effet, en 2010, 783 millions d'individus n'avaient pas accès à l'eau potable issue de sources améliorées (WATERAID, 2015). Cependant, selon le rapport des Nations Unies (2012), les maladies infectieuses causées par ces micro-organismes telles que la pneumonie et la diarrhée demeurent l'une des principales sources de mortalité à travers le monde (Heriarivony et al., 2015). Alors que quelques-uns ont un accès aisé à des ressources d'eau potable, d'autres sont contraints de marcher des kilomètres pour atteindre la source d'eau la plus proche (Orelien, 2017). Compte tenu de l'augmentation démographique prévue pour les années à venir et du rythme soutenu de notre consommation de cette ressource, l'avenir demeure imprévisible (Iungbi et al., 2019). L'accessibilité à l'eau potable reste un défi essentiel dans des pays en développement tels que la République Démocratique du Congo (Mafuta et al., 2018), ainsi que dans d'autres nations africaines et principalement au sein des régions rurales (Heriarivony et al., 2015). D'après un rapport de l'OMS (2016), 2,1 millions d'individus ne bénéficient pas d'un système adéquat d'approvisionnement en eau potable, tandis que 4,5 milliards de personnes n'ont pas accès à un système adapté d'assainissement (OMS, 2016).

Cette situation n'échappe pas à la population du secteur de Luniungu dans le territoire de Bulungu, province de Kwilu en République Démocratique du Congo où, l'accès à l'eau potable constitue un enjeu de

taille. La population de cette contrée recourt aux eaux de sources non amenées pour couvrir leur besoin en eau de boisson courant toutes les conséquences possibles.

Toutefois, étant donné que l'eau est vitale pour tous les organismes vivants, et plus spécifiquement pour l'homme (Hajji et al., 2016), elle doit être pure au sens où elle ne doit pas contenir d'éléments chimiques nocifs ni de germes préjudiciables à la santé humaine (Kassim, 2005). Il est essentiel de réaliser des analyses physico-chimiques et microbiologiques pour établir les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau concernée (PRO-WASH, 2022). C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif de caractériser quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de base de l'eau de certaines sources dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu dans la province du Kwilu en République Démocratique du Congo ; en vue d'évaluer le niveau de potabilité de l'eau de boisson consommée par la population de cette contrée.

Les résultats de cette étude sont d'une grande importance notamment du point de vue socio-économique dans la lutte et la prévention contre la dégradation de santé humaine à travers les maladies hydriques. La connaissance de la qualité de l'eau de ces six sources contribuera de mettre en place des perspectives d'avenir pour l'assainissement et amélioration de la desserte en eau dans ce milieu rural.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu

Le secteur de Luniungu est dans le territoire de Bulungu, province du Kwilu en République Démocratique du Congo, constitue le milieu de cette étude. Six sources d'eau de consommation humaine ont été retenues pour le prélèvement des échantillons d'eau au cours de cette étude. Il s'agit des six sources d'eau dans les villages Kiyaka 1, Kiyaka 2, Ngonzi, Luniungu, Bengi et Mbadi (figure 1).

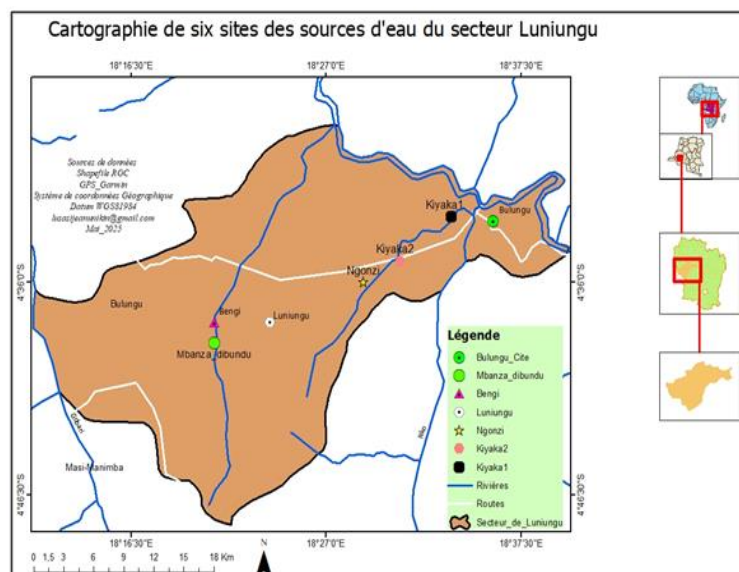


Figure 1 : Cartographie du territoire de Bulungu reprenant les six sources prospectées au cours de l'étude dans le secteur Luniungu

Le choix de ces six sources (figure 2) a été fait en fonction de l'emplacement des aires de santé du secteur de Luniungu dans les villages sélectionnés, l'utilisation des eaux de six sources comme l'eau de boisson par la population locale.



Figure 2 : Sources d'eau prospectées dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu au cours de cette étude (source Lusasi. & Massanza., 2025)

2.2. Méthodologie

2.2.1. Fréquence d'échantillonnage

L'échantillonnage a consisté au prélèvement in situ des paramètres physico-chimiques ciblés ainsi qu'à la prise de quelques échantillons d'eau des six sources pour les analyses chimiques et microbiologiques appropriées au laboratoire. Ainsi, la collecte des données a été effectuée durant deux ans entre 2024 et 2025 au cours desquels les échantillons ont été prélevés en deux phases notamment : durant la saison de pluies et la saison sèche.

2.2.2. Mesure de paramètres physico-chimiques de l'eau des six sources

Trois paramètres physiques de l'eau des six sources notamment : la température ($^{\circ}\text{C}$), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la turbidité (UNT) ainsi que le potentiel d'hydrogène ont été analysés *in situ* à l'aide de la sonde multiparamètres de marque EZ-9909SP Water Quality Tester. Le prélèvement a consisté à plonger la sonde à 5 cm de profondeur afin d'y relever la valeur des paramètres d'intérêt. Le prélèvement de chaque paramètre a été fait cinq fois de suite en raison d'un prélèvement par mois respectivement pour la saison sèche et la saison de pluies.

2.2.3. Prélèvement et conditionnement des échantillons d'eau des six sources à analyser

Le prélèvement d'un échantillonnage d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en seront donnés. Les matériels de prélèvement doivent faire l'objet d'une attention particulière (ISO 5667-12, 2018). Au cours de cette étude, des échantillons d'eau des six sources ont été prélevés lors des campagnes de terrain pour y effectuer les analyses chimiques ainsi que microbiologiques aux laboratoires.

Des échantillons d'eau des six sources ont été prélevés dans des galons en polyéthylène d'un litre préalablement désinfectés et rincés avec l'eau de l'échantillon à contenir. Une fois prélevés, les échantillons ont été placés dans des glacières et conservés à l'abri de l'air ambiant puis acheminer au laboratoire.

2.2.4. Analyses chimiques de l'eau des six sources

L'analyse chimique des échantillons d'eau des six sources a consisté au dosage de quelques paramètres chimiques d'utilité pour la caractérisation de la qualité chimique de l'eau de boisson. Ainsi, l'analyse chimique a concerné la matière en suspension (mg/L),

la demande biologique en oxygène (mg/L) ainsi que les ions nitrates (mg/L) analysés trois fois de suite durant la saison sèche comme pendant la saison de pluies.

Ces analyses ont été effectuées au CGEA/CREN-K (Commissariat Général à l'Énergie Atomique / Centre Régional d'Études Nucléaires de Kinshasa) dans son Laboratoire de Physique des sols et d'Hydrologie. La quantification des éléments chimiques ciblés a été effectuée au moyen d'un spectromètre de fluorescence X à dispersion d'énergie (ED-XRF Xepos III) informatisé et d'un spectrophotomètre UV-Visible HACH DR/2400, selon les protocoles standardisés du laboratoire.

2.2.5. Analyses microbiologiques de l'eau des six sources

Les paramètres microbiologiques constituent des germes d'espèces dont leur présence dans les eaux ne constitue pas un risque sur la santé des populations, mais indique l'importance de la pollution biologique des eaux (Yangongo, 2020). Ces germes microbiens spécifiques sont des bactéries allochtones qui ne sont pas pathogènes, spécialement de la flore intestinale. Leur présence dans l'eau révèle une contamination d'origine fécale avec la possible présence des pathogènes dangereux, appelées bactéries indicatrices de la contamination fécale. C'est le cas d'*Escherichia coli* et *Streptocoques fécaux* (Sikulisimwa, 2010).

Les méthodes analytiques utilisées pour la recherche des indicateurs bactériologiques de pollution de l'eau de six sources au cours de cette étude sont : XLD (XYLOSE-LYSINE-DESOXYCHOLATE AGAR), MSA (Mannitol Salt Agar base), PCA (Plate Count Agar) et Cétrimide Agar (Taylor, 1965 ; Downes et al., 2001). Chacune de ces méthodes ont la particularité tant dans leur application que de leurs résultats respectifs. Ainsi, les échantillons d'eau des six sources sous étude ont été analysés trois fois de suite durant la saison de pluies comme pendant la saison sèche.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées au Laboratoire de Microbiologie de l'Hôpital Général de Kikwit pour la saison sèche et pour la saison pluvieuse au Laboratoire de Microbiologie de la Mention Sciences de la Vie de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Kinshasa.

2.2.6. Conformité de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson

Pour trancher sur la potabilité de l'eau des six sources prospectées dans le cadre de cette étude dans le secteur de Luniungu, Territoire de Bulungu, province du Kwilu en RD Congo, les résultats issus des analyses des

paramètres physico-chimiques et microbiologiques ciblés ont été comparés aux valeurs guides dictées par l'OMS (2024) pour une eau potable, destinée à la consommation humaine (tableau I).

Tableau I : Valeurs guides de l'OMS (2024) pour l'appréciation de qualité physico-chimique de l'eau de boisson

Paramètres physico-chimiques	Normes OMS (2024)
Température (°C)	20 – 28
Conductivité (µS/cm)	< 800
Turbidité (UNT)	< 5
Potentiel d'hydrogène	6,5 - 8,5
Matière en suspension (mg/L)	0
Demande biochimique en oxygène (mg/L)	< 5
Ions nitrates (mg/L)	< 50
Paramètres microbiologiques en général	0 UFC

2.2.7. Analyses multivariées

Les analyses multivariées ont concerné les analyses en composantes principales, qui ont été effectuées dans le contexte de cette étude pour analyser la variabilité environnementale saisonnière et déterminer les principaux facteurs physico-chimiques et bactériologiques qui régissent la qualité d'eau de ces six sources.

2.2.8. Analyses statistiques et traitement des données

Les informations provenant de diverses observations, collectes et procédures en laboratoire ont été saisies dans une banque de données à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2016, facilitant ainsi le calcul des moyennes et des écarts-types pour chaque paramètre physique, chimique et microbiologique. Pour illustrer les changements des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau des six sources examinées entre la saison sèche et la saison de pluies, ainsi qu'en fonction des différentes sources prises en compte, une analyse de variance unidimensionnelle (ANOVA 1) a été effectuée à l'aide du logiciel Statistix (version 8) avec un intervalle de confiance de 95 %). Si une différence notable est détectée, elle a été corroborée par le test de Fisher et le test HSD de Tukey.

La visualisation des variations saisonnières et géographiques en fonction des sources d'eau de la qualité physico-chimiques et microbiologiques a été réalisée par des graphiques en barres en utilisant le logiciel Excel. Le logiciel QGIS a servi à établir la cartographie de la zone d'étude en se basant sur les coordonnées géographiques (longitude et latitude)

recueillies sur le terrain grâce à un GPS GARMIN Etrex.

3. Résultats

3.1. Qualité physico-chimique de l'eau des six sources analysées

3.1.1. Variation saisonnière de la température

L'eau des six sources prospectées dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu est globalement chaude (figure 3). On note une légère variation saisonnière de la température avec des pics légers dans toutes les six sources en saison pluvieuse (avec $27,88 \pm 0,032^\circ\text{C}$ à Luniungu) qu'en saison sèche (avec $25,28 \pm 0,064^\circ\text{C}$ à Kiyaka2). La température la plus élevée avec une différence statistique ($F = 59,2$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 0,5821) est relevée dans l'eau des sources de Luniungu (soit $27,88 \pm 0,032^\circ\text{C}$ durant la saison de pluies et $27,6 \pm 0,12^\circ\text{C}$ durant la saison sèche) Mbadi (soit $27,58 \pm 0,264^\circ\text{C}$ durant la saison de pluies et $27,02 \pm 0,104^\circ\text{C}$ durant la saison sèche). Comparativement à la norme de l'OMS concernant ce paramètre, on note que les températures moyennes des eaux des six sources en étude sont dans la fourchette (température comprise entre 20 et 28°C) de la norme établie.

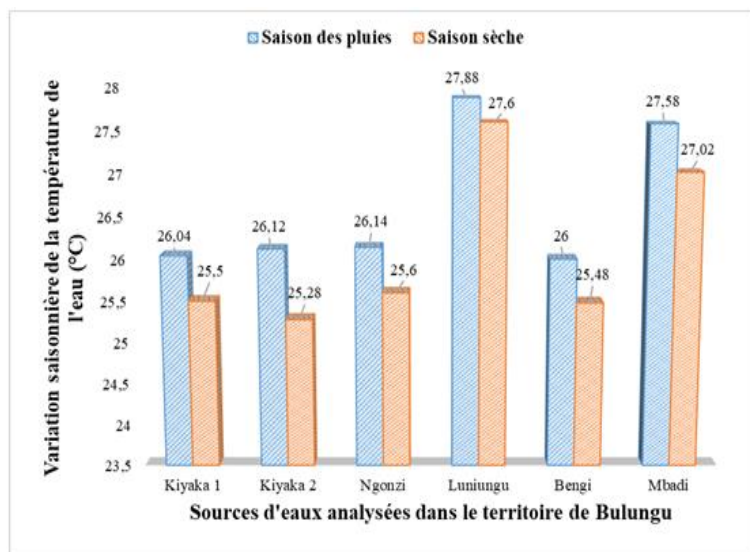


Figure 3 : Variation saisonnière de la température moyenne de l'eau ($^\circ\text{C}$) des sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.2. Variation saisonnière de la conductivité

L'eau des six sources est plus chargée en ions majeurs durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche avec une différence statistique très hautement significative ($F = 4514$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 1,9007) où l'eau de la source Bengi (avec

$91,2 \pm 1,04 \mu\text{S/cm}$ en saison de pluies et $86,8 \pm 0,64 \mu\text{S/cm}$ en saison sèche) présente le pic de la conductivité la plus élevée que toutes les autres sources. Par contre, la plus basse conductivité est celle de l'eau de la source Mbadi avec $19 \pm 0,4 \mu\text{S/cm}$ en saison sèche et $21,6 \pm 0,48 \mu\text{S/cm}$ en saison de pluies). En comparaison avec la norme de l'OMS établie à $< 800 \mu\text{S/cm}$ pour l'eau de boisson, la variation saisonnière de la conductivité de l'eau de toutes les six sources en étude est restée inférieure (figure 4).

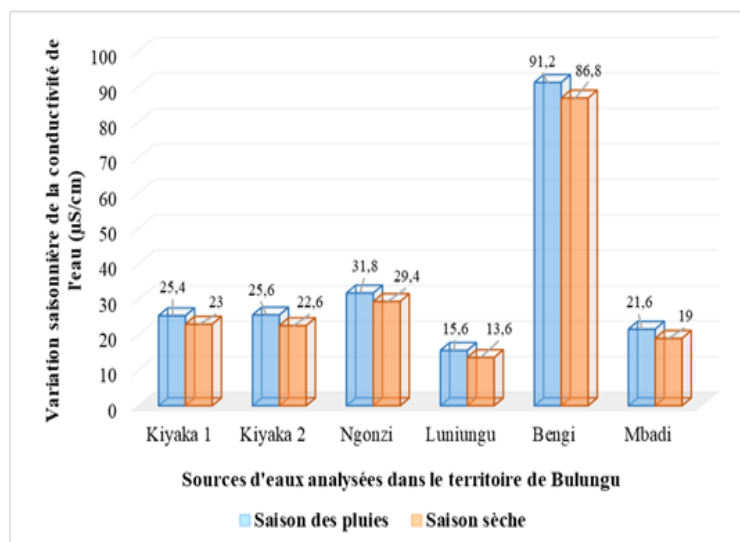


Figure 4 : Variation saisonnière de la conductivité moyenne de l'eau ($\mu\text{S/cm}$) des sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.3. Variation saisonnière de la turbidité

La saison pluvieuse est la plus favorable à l'augmentation de la turbidité dans l'eau des six sources suivant les résultats visualisés sur la figure 5 et présente des valeurs moyennes élevées par rapport à la saison sèche avec une différence statistique très hautement significative ($F = 148$; $p = 0,0000$). Le test de Tukey HSD (5,3796) montre que pendant la saison pluvieuse, l'eau de la source Bengi est plus trouble avec $47,8 \pm 1,04 \text{ UNT}$ que les eaux de toutes les autres sources prospectées.

Elle est suivie par les sources Ngonzi (soit $19,4 \pm 5,84 \text{ UNT}$), Kiyaka 2 ($14,6 \pm 0,48 \text{ UNT}$) et Kiyaka 1 ($13,8 \pm 0,64 \text{ UNT}$). La plus faible turbidité moyenne soit $8,4 \pm 0,72 \text{ UNT}$ est celle de l'eau de la source Luniungu (soit $6,2 \pm 0,64 \text{ UNT}$ durant la saison sèche et $8,4 \pm 0,72 \text{ UNT}$ durant la saison de pluies). Cette variation saisonnière de la turbidité dans l'eau des six sources ne concorde pas avec la norme de l'OMS qui

fixe la valeur limite de la concentration de la turbidité à < 5 UNT pour l'eau de boisson.

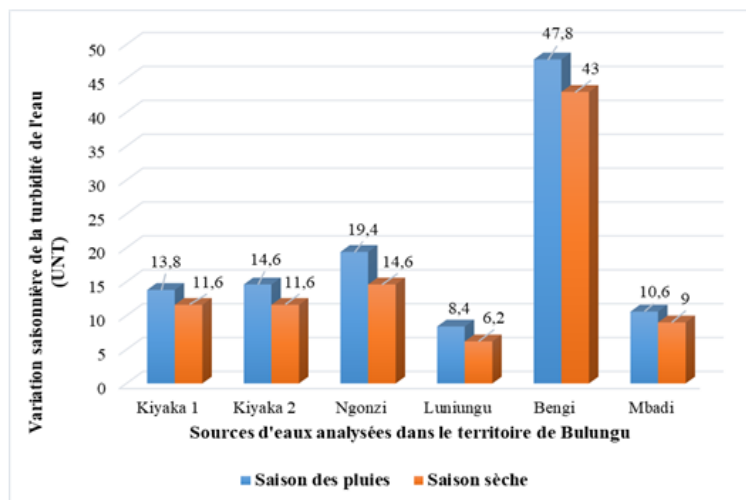


Figure 5 : Variation saisonnière de la turbidité moyenne de l'eau (UNT) des six sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.4. Variation saisonnière du potentiel d'hydrogène

L'eau des six sources analysées présente une variation du potentiel d'hydrogène en fonction des saisons de l'année et varie d'une source à l'autre (figure 6) dont les valeurs d'acidité les plus élevées avec une différence statistique significative ($F = 57,5$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 4,991) sont obtenues durant la saison sèche qu'en saison de pluies. Le pH est compris entre $3,17 \pm 0,00$ dans la source Luniungu durant la saison sèche et $5,09 \pm 0,00$ dans la source Kiyaka 1 durant la saison de pluies.

En comparaison avec la norme établie par l'OMS, les variations saisonnières relevées dans l'eau des six sources restent de loin inférieures aux valeurs guides (pH compris entre 6,5 et 8,5) préconisées par l'OMS.

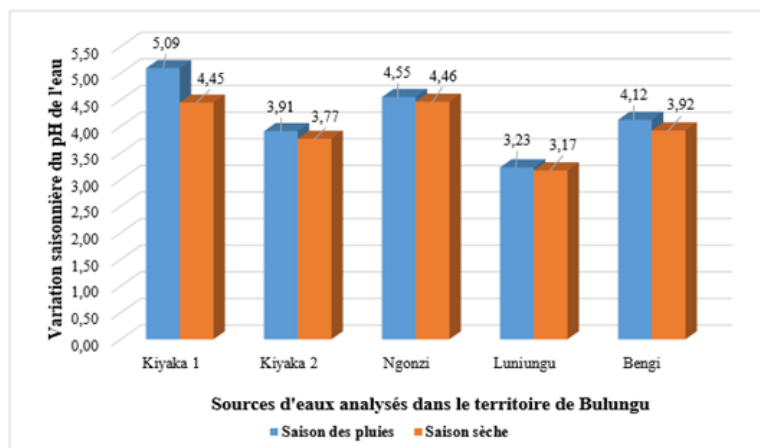


Figure 6 : Variation saisonnière moyenne du potentiel d'hydrogène de l'eau des six sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.5. Matières en suspension

La concentration des matières en suspension dans l'eau des six sources est plus élevée durant la saison de pluies avec une différence statistique très hautement significative ($F = 11,8$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 4,991) par rapport à la saison sèche (figure 7). Il s'observe des résultats obtenus que la source Bengi est plus chargée en matière en suspension (soit $5,33 \pm 0,01$ mg/L) suivie des sources Ngonzi ($5,22 \pm 0,02$ mg/L) et Luniungu (soit $4,41 \pm 0,01$ mg/L) et la plus faible concentration est observée dans la source Kiyaka 1 (soit $3,99 \pm 0,02$ mg/L).

La même tendance est relevée durant la saison sèche où le taux le plus élevé de MES est obtenu dans la source Bengi (soit $4,06 \pm 0,02$ mg/L) et faible dans la source Luniungu (soit $2,63 \pm 0,01$ mg/L). En comparaison avec la norme fixée par l'OMS, on remarque que les valeurs moyennes des matières en suspension relevées dans les six sources d'eaux prospectées au cours de cette étude restent de loin supérieures au seuil (MES = 0 mg/L) établi par l'OMS.

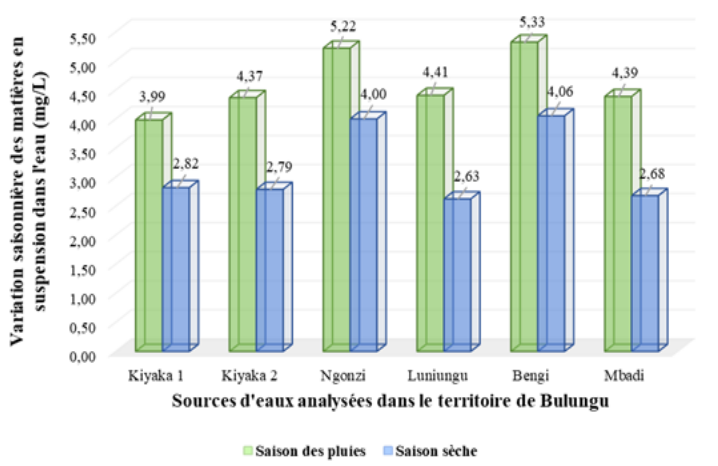


Figure 7 : Variation saisonnière moyenne des matières en suspension (mg/L) de l'eau des six sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.6. Demande chimique en oxygène

Des fortes charges polluantes sont observées durant la saison sèche avec une différence statistique très hautement significative ($F = 12,7$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 4,991) par rapport à la saison de pluies mais inférieures au seuil de la norme établie par l'OMS (DCO < 30 mg/L) pour une eau de boisson. Il ressort des résultats obtenus que la demande chimique en oxygène est plus élevée dans la source Bengi (soit $13,52 \pm 0,07$ mg/L) suivi de la Source Luniungu (soit $12,55 \pm 0,08$ mg/L) et la plus faible teneur en DCO est relevé dans la source Kiyaka 2 (soit $11,36 \pm 0,30$ mg/L). Pendant la saison de pluies, elle se situe entre

7,86±0,05mg/L dans la source Kiyaka 2 et 10,39±0,04mg/L dans la source Bengi (figure 8).

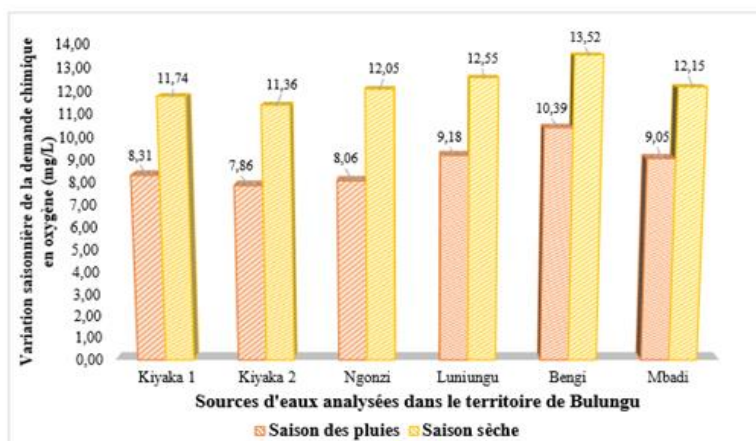


Figure 8 : Variation saisonnière moyenne de la demande chimique en oxygène (mg/L) de l'eau des sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.1.7. Nitrates

Le taux des ions nitrates dans l'eau des six sources prospectées varie en fonction des saisons de l'année et, élevé durant la saison sèche (figure 9). L'analyse de la variance à un facteur appliqué aux concentrations des ions nitrates dans l'eau des six sources montre une différence statistique très hautement significative ($F = 21,8$; $p = 0,0000$; Tukey HSD = 4,991) dont les fortes concentrations sont relevées dans la source Bengi (soit 20,51±0,01mg/L

durant la saison de pluies) et les faibles concentrations sont obtenues dans la source Kiyaka 1 (soit 14,44±0,05mg/L durant la saison des pluies et 10,02±0,07mg/L durant la saison sèche).

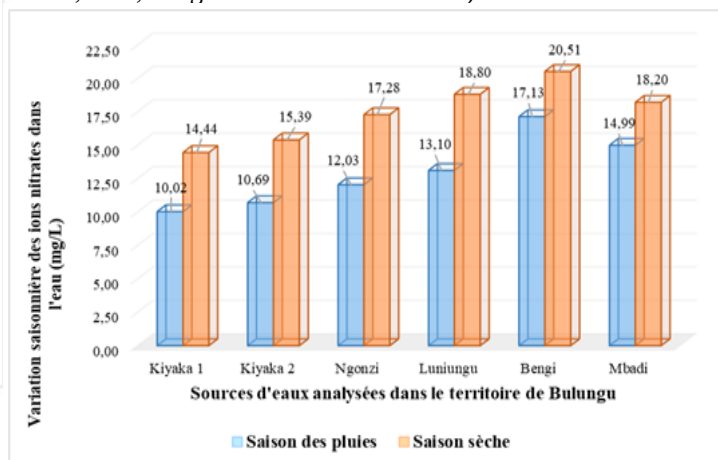


Figure 9 : Variation saisonnière moyenne des ions nitrates (mg/L) dans l'eau des six sources analysées dans le territoire de Bulungu

3.2. Paramètres microbiologiques dans l'eau des six sources prospectés

3.2.1. Variation microbiologique durant la saison des pluies

Les résultats de la variation de la charge microbiologique durant la saison des pluies dans l'eau des six sources consommée par la population du secteur de Luniungu dans le territoire de Bulungu en RD Congo sont consignées au tableau II ci-dessous.

Tableau II : Charge microbienne des quelques germes dans l'eau des six sources consommée dans le secteur Luniungu du territoire de Bulungu durant la saison de pluies

Sources d'eaux	Germes dénombrés (UFC)										
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Proteus</i>	<i>Salmonella</i> sp	<i>Shigella</i> sp	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. saprophyticus</i>	<i>Pseudomonas</i> sp	<i>Moississures</i>	Germes totaux	Bactéries mésophiles
Kiyaka 1	112333,33±1777,78	35,33±1,78	3,33±1,78	0,00±0	19,33±2,44	4,00±1,33	0,00±0	1030±13,33	10,67±1,11	104,00±0,67	0,00±0
Kiyaka 2	51,00±4	26,00±1,33	8,00±2,67	18,67±2,44	18,00±2,67	21,00±1,33	0,67±0,44	9933,33±88,89	0,00±0	0,00±0	98,00±1,33
Ngonzi	82,67±2,22	8,00±1,33	0,00±0	92,67±4,89	31,00±1,33	0,00±0	0,00±0	119,67±0,44	0,00±0	0,00±0	0,00±0
Luniungu	268,00±1,33	0,00±0	0,00±0	82,67±1,78	1,33±0,01	0,00±0	0,00±0	191,33±1,11	0,00±0	243,00±1,33	0,00±0
Bengi	183,33±1,78	0,00±0	0,00±0	0,00±0	71,33±1,11	0,00±0	0,00±0	192,67±1,78	0,00±0	269,00±44	0,00±0
Mbadi	7,00±1,33	0,00±0	0,00±0	20,33±1,11	22,67±1,78	0,00±0	0,00±0	32,33±1,11	0,00±0	443,00±1,33	0,00±0
Norme de l'OMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De manière globale, l'eau des six sources analysées durant la saison de pluies dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu au cours de cette étude présente une contamination des germes et/ou des micro-organismes pathogènes à une concentration variable d'une source à l'autre. La norme OMS sur la potabilité de l'eau suggère la présence d'aucune colonie des germes dans l'eau de boisson. Par ailleurs, en comparaison avec la norme établie par l'OMS, on note que l'eau de ces six sources consommées par la population du Secteur de Luniungu n'est pas de bonne qualité durant la saison de pluies et, est impropre à la consommation humaine. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux résultats des paramètres microbiologiques pris en compte au cours de cette étude met en évidence une différence statistique très hautement significative ($p < 0,0000$). Il ressort des résultats consignés au tableau 2 ci-dessus que :

- *Escherichia coli* est plus concentré l'eau de toutes les six sources où la source Kiyaka 1 accumule un grand nombre des colonies (soit 112333,33±1777,78 UFC) et la source Mbadi occupe la dernière position avec 7,00±1,33 UFC ;

- Les germes *Proteus* sp sont signalés dans 3 échantillons d'eau de sources sur les six sources prospectées avec un pic noté à la source Kiyaka 1 (soit 35,33±1,78 UFC) suivi de la source Kiyaka 2 (soit 26,00±1,33 UFC) et non signalés dans les sources de Luniungu, Bengi et Mbadi ;

- Les germes *Salmonella* sp sont isolées dans 2 échantillons d'eau des six sources où Kiyaka 2 occupe la première place avec 8±2,67 UFC par rapport à la source Kiyaka 2. Les sources Ngonzi, Luniungu, Bengi et Mbadi ne présentent pas de contamination de ces germes ;

- Les germes *Shigella* sp sont isolés dans quatre échantillons d'eau des six sources avec un nombre des colonies le plus élevé dans la source Ngonzi (soit 92,67±4,89 UFC) suivi de la source Luniungu avec 82,67±1,78 UFC) et d'autres avec une absence de ces germes dans l'eau des sources Kiyaka 1 et Bengi ;

- *Staphylococcus aureus* est révélé dans les eaux de toutes les six sources en étude dont les colonies les plus importantes sont isolées dans les sources Bengi (soit 71,33±1,11 UFC) ainsi que Bengi (soit 31,00±1,33UFC) et la faible concentration est obtenue dans la source Luniungu avec 1,33±0,01 UFC qui se en dernière position ;

- Les germes *Staphylococcus epidermidis* sont signalés dans 2 échantillons d'eau de sources notamment Kiyaka 1 et Kiyaka 2 avec respectivement 4,00±1,33 UFC et 21,00±1,33 UFC ;

- Le *Staphylococcus saprophytis* n'est pas signalé dans toutes les sources analysées mais seulement dans l'eau de Kiyaka 2 avec 0,67±0,44 UFC ;

- Les germes *Pseudomonas* sp sont isolés dans tous les échantillons d'eau de six sources prospectées au cours de cette étude. La charge microbienne de ce germe est plus importante dans l'eau de la source Kiyaka 2 où 9933,33±88,89 UFC ont été dénombrées tandis que celle de la source de Mbadi avec 32,33±1,11 UFC présente une faible contamination ;

- Les moisissures sont dénombrées uniquement dans l'eau de la source de Kiyaka 1 avec 10,67±1,11 UFC par rapport aux cinq autres sources où elles n'ont pas présenté des germes (soit 000±0 UFC) ;

- Les germes totaux colonisent un bon nombre des sources et, sont signalés dans 4 échantillons d'eau des six sources analysées. De toutes ces sources, le pic le plus élevé est relevé dans la source Mbadi avec 44300±133 UFC et la faible proportion est relevée dans la source Kiyaka 1 (soit 104,00±0,67 UFC) ;

- Les bactéries mésophiles sont dénombrées uniquement dans une seule source, celle de Kiyaka 2 avec 98,00±1,33 UFC et présente aucune colonie dans l'eau des cinq autres sources.

3.2.2. Variation microbiologique durant la saison sèche

Les résultats de la variation de la charge microbiologique durant la saison sèche dans l'eau des sources consommée par la population du secteur de Luniungu dans le territoire de Bulungu en RD Congo sont consigné au [tableau III](#) ci-dessous :

Tableau III : Charge microbienne des quelques germes dans l'eau des sources consommée dans le secteur Luniungu du territoire de Bulungu durant la saison sèche

Sources d'eaux	Germes dénombrées (UFC)										
	<i>E. coli</i>	<i>Proteus</i>	<i>Salmonella</i> sp	<i>Shigella</i> sp	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. saprophytis</i>	<i>Pseudomonas</i> sp	Moisissures	Germes totaux	Bactéries mésophiles
Kiyaka 1	883333,33±55555,56	27,67±1,11	2,67±0,89	0,67±0,44	17,67±1,11	3,00±0,67	1,67±0,44	95,33±2,22	16±1,33	98±1,33	2,67±0,44
Kiyaka 2	51,33±2,22	27,33±3,56	8,67±2,22	23,33±2,22	16,33±1,56	25,67±1,56	1,67±0,44	9886±62,00	4±1,33	75,33±2,22	84,67±2,22
Ngonzi	70,67±2,22	0,89	1,33±0,44	92±2,67	30±1,33	1,67±0,44	1,33±0,89	112,33±2,44	1,33±0,44	1±0,67	1,33±0,44
Luniungu	226,67±11,11	1,33±0,44	1±0	68±4	16±1,33	1±0,67	1,33±0,44	182±6,67	0,67±0,44	222,67±3,11	0,67±0,44
Bengi	151,33±8,44	1,33±0,44	0,67±0,44	1,33±0,44	62,67±0,89	0,67±0,44	1±0,67	164±1,33	0,67±0,44	219,33±22,22	1±0,67
Mbadi	6±1,33	0,44	1,33±0,89	16±1,33	18,33±0,44	0,67±0,44	1,33±0,89	21,67±1,11	1±0,67	386±1,33	1±0,67
Norme de l'OMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tout comme pendant la saison des pluies, l'eau provenant des sources examinées pendant la saison sèche dans la région de Luniungu, située dans le territoire de Bulungu, a montré une contamination par divers germes et/ou micro-organismes pathogènes, avec une concentration qui varie d'une source à l'autre au cours de cette étude. La directive de l'OMS concernant la qualité de l'eau potable recommande qu'il n'y ait aucune colonie d'agents pathogènes dans l'eau destinée à la consommation. De plus, par rapport aux standards fixés par l'OMS, on constate que l'eau provenant des sources utilisées par les habitants du Secteur de Luniungu n'est pas de qualité satisfaisante pendant la saison sèche et, est non potable. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux résultats des paramètres microbiologiques pris en compte au cours de cette étude met en évidence une différence statistique très hautement significative ($p < 0,0000$). Le [tableau III](#) ci-dessus présente des résultats qui indiquent que :

- Les germes *Escherichia coli* sont présents dans les échantillons d'eau de toutes les six sources en étude avec une forte concentration dans la source Kiyaka 1 (soit $883333,33 \pm 55555,56$ UFC) et une faible contamination dans la source Mbadi (soit $6 \pm 1,33$ UFC) ;
- Les germes *Proteus* sont dénombrés dans tous les échantillons d'eau des sources sous étude avec un nombre des colonies dans la source Kiyaka 1 (soit $27,67 \pm 1,11$ UFC) et la faible contamination est signalée dans la source Mbadi (soit $44 \pm 0,00$ UFC) ;
- L'eau de toutes les sources est contaminée par les *Salmonella sp* avec un nombre des germes plus élevés dans la source Kiyaka 2 (soit $8,67 \pm 2,22$ UFC) et une faible contamination dans la source Bengi (soit $0,67 \pm 0,44$ UFC) ;
- Les germes *Shigella sp* sont isolés dans l'eau de toutes les sources prospectées avec une forte concentration dans la source Ngonzi (soit $92 \pm 2,67$ UFC) et faible dans la source Kiyaka 1 (soit $0,67 \pm 0,44$ UFC) ;
- Les germes *Staphylococcus aureus* sont présents dans tous les échantillons d'eau des six sources analysées au cours de cette étude. De toutes les sources prospectées, la source Bengi est plus contaminée avec $62,67 \pm 0,89$ UFC par rapport à d'autres sources notamment Luniungu qui présente une faible teneur de contamination (soit $16 \pm 1,33$ UFC) ;
- Les germes *Staphylococcus epidermidis* sont signalés dans l'eau de toutes les sources et plus concentrées dans la source Kiyaka 2 avec $25,67 \pm 1,56$ UFC et les faibles concentrations sont obtenues dans les sources Luniungu et Bengi avec respectivement $0,67 \pm 0,44$ UFC ;
- *Staphylococcus saprophytis* est signalé dans l'eau de toutes les sources d'eaux échantillonnées avec un taux élevé dans les sources Kiyaka 1 et Kiyaka 2 avec respectivement $1,67 \pm 0,44$ UFC et un faible taux de contamination dans la source Bengi avec $1 \pm 0,67$ UFC ;
- Les germes *Pseudomonas sp* sont isolés dans l'eau de toutes les sources analysées où le taux de contamination le plus élevé des germes est relevé dans la source Kiyaka 2 avec $9886 \pm 62,00$ UFC le faible taux de contamination est observé dans la source Mbadi avec $21,67 \pm 1,11$ UFC ;
- Les moisissures sont isolées dans l'eau de toutes les sources prospectées au cours de cette étude où l'eau de la source Kiyaka 1 présente un taux élevé des germes (soit $16 \pm 1,33$ UFC) et le taux faible de contamination est relevé dans les sources d'eaux Luniungu et Bengi avec respectivement $0,67 \pm 0,44$ UFC ;
- Les germes totaux sont isolés dans tous les échantillons d'eau des sources prospectés au cours de cette étude. La source Mbadi concentre un taux élevé (soit $386 \pm 1,33$ UFC) par rapport à la source Ngonzi (soit $1 \pm 0,67$ UFC) ;
- Quant aux bactéries mésophiles, elles ont été isolées dans l'eau des toutes les six sources analysées avec une forte concentration dans la source Kiyaka 2 avec $84,67 \pm 2,22$ UFC et le faible taux de contamination est relevé dans la source Luniungu avec $0,67 \pm 0,44$ UFC.

3.2.3. Variation de la contamination microbienne en fonction de saison

En comparant les résultats de contamination de l'eau des sources prospectés en fonction de saison de l'année et des germes isolés, on note la prédominance des germes *Escherichia coli* en forte concentration dans l'eau des sources Kiyaka 1 et Kiyaka 2 dont le pic s'observe durant la saison sèche ([figure 10](#)).

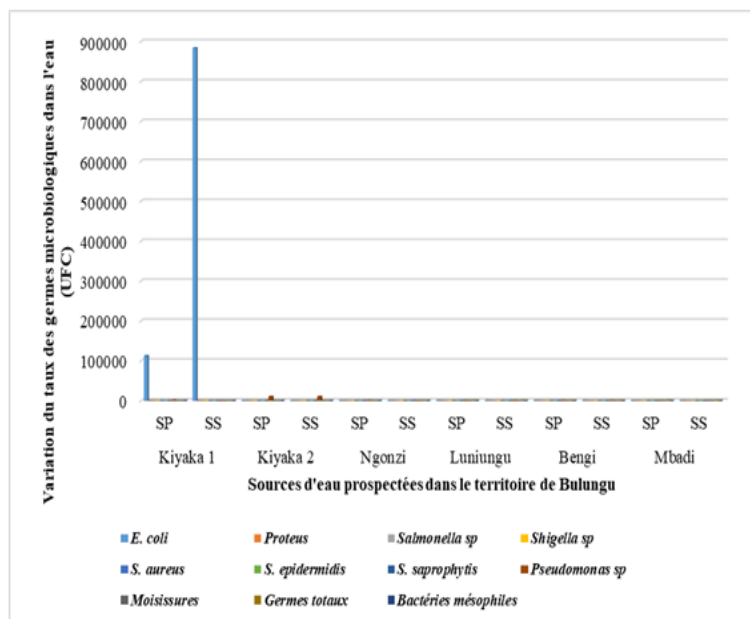


Figure 10 : Variation saisonnière de la contamination du taux de contamination microbienne dans l'eau des six sources prospectées dans le secteur de Luniungu

3.4. Analyse en composantes principales

La matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales établies sur base des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau des sources analysées montre que la majorité des paramètres physico-chimiques et microbiologiques analysés notamment les germes totaux, *Escherichia coli* et *Shigella sp* influencent la grande partie la qualité physico-chimique comme microbiologique de l'eau des sources durant la saison des pluies dans les sources Kiyaka 1, Kiyaka 2 et Bengi qui sont corrélées positivement avec ces paramètres.

Par contre, pendant la saison sèche, l'eau des sources Luniungu, Bengi, Kiyaka 1 et Kiyaka 2 sont positivement corrélés à l'axe 1 (représentant 83,30%) avec un grand nombre des paramètres physico-chimiques et microbiologiques qui impactent la qualité l'eau de ces sources notamment durant la saison sèche. Durant cette saison, les paramètres les plus importants qui détériorent la qualité de l'eau de ces sources sont notamment : la turbidité, la conductivité, le pH, la matière en suspension, les nitrates, les germes totaux, *Proteus sp*, *Escherichia coli*, *Shigella sp* ainsi que les bactéries mésophiles (figure 11).

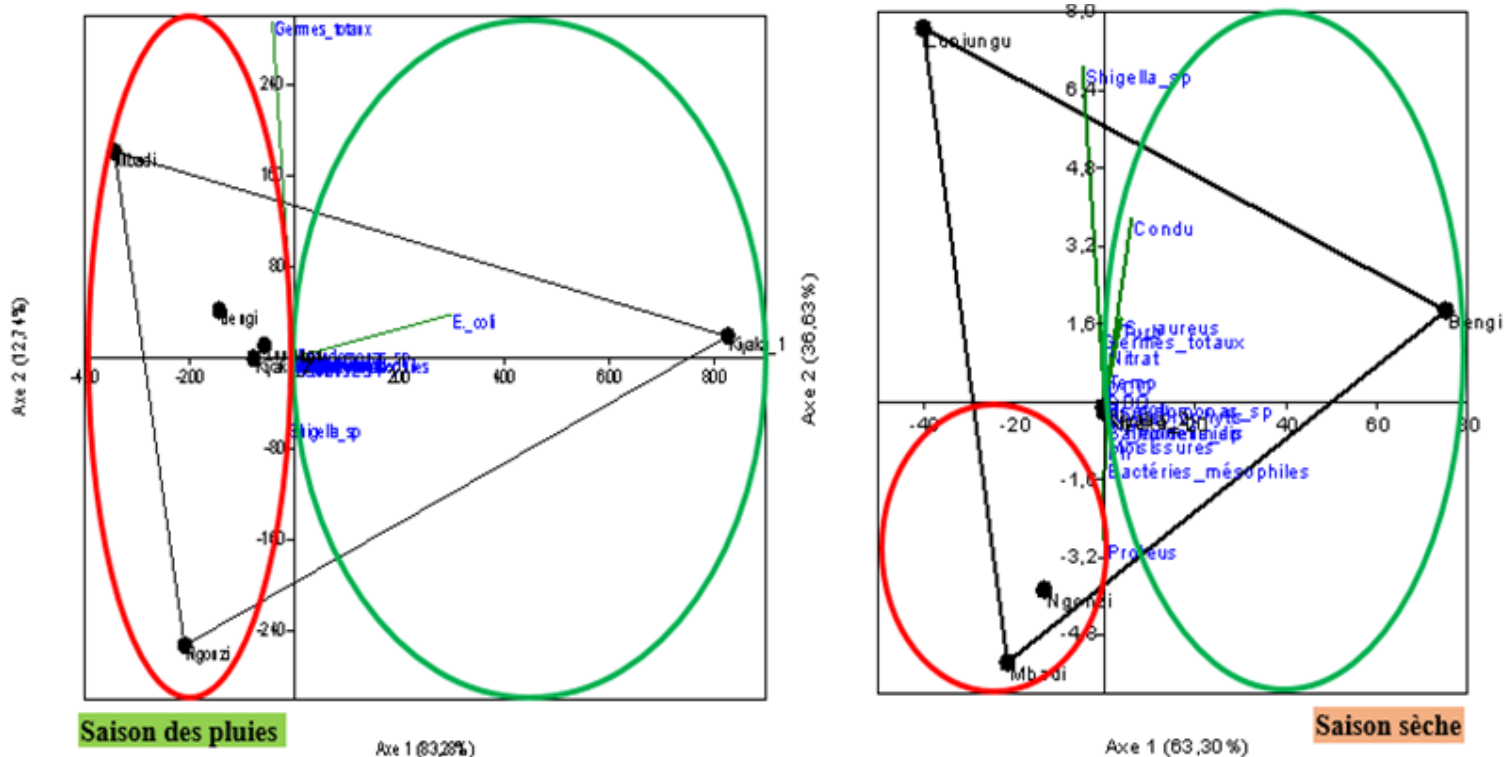


Figure 11 : Analyses en composantes principales basées sur les paramètres physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources prospectés dans le secteur de Luniungu dans le territoire de Bulungu

4. Discussion

Le rôle de la température sur les changements des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau est crucial (Luizi et al., 2024). Du fait qu'elle a un impact sur les réactions biologiques qui se déroulent dans l'eau (Makhoukh, 2011). Elle exerce une influence considérable sur divers contaminants chimiques et composants inorganiques qui pourraient avoir un impact sur le goût de l'eau (Akil et al., 2014). À une température élevée, la croissance des micro-organismes est stimulée, ce qui peut entraîner une détérioration des saveurs, de la couleur et de l'odeur (OMS, 2011). Au cours de cette étude, on a noté une légère variation saisonnière de la température avec des pics légers dans toutes les six sources en saison pluvieuse (soit $27,88 \pm 0,032^\circ\text{C}$ à Luniungu) qu'en saison sèche (soit $25,28 \pm 0,064^\circ\text{C}$ à Kiyaka 2) traduisant des eaux chaudes durant les deux saisons. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Mangamba et al. (2026) dans l'eau de la Rivière Lukula dans le territoire de Masi-Manimba (température comprise entre $27,63 \pm 0,46^\circ\text{C}$ en saison sèche et $27,37 \pm 0,31^\circ\text{C}$ en saison de pluies) ; Mulula et al. (2026) dans la rivière Nko dans le territoire de Bulungu (température comprise entre $23,89 \pm 0,35^\circ\text{C}$ de saison sèche et $26,48 \pm 0,36^\circ\text{C}$ en saison de pluies).

Selon Rodier et al. (2009), la conductivité électrique d'une eau mesurée permet d'évaluer le processus de minéralisation d'une eau (Rodier et al., 2009). Bien que le taux de conductivité est faible dans l'eau des six sources prospectées, la concentration des ions dans l'eau exprimée en conductivité a été plus élevée durant la saison de pluies par rapport à la saison sèche où l'eau de la source Bengi (avec $91,2 \pm 1,04 \mu\text{S}/\text{cm}$ en saison de pluies et $86,8 \pm 0,64 \mu\text{S}/\text{cm}$ en saison sèche), présente le pic de la conductivité la plus élevée que toutes les autres sources en étude. Par ailleurs, les valeurs minimale et maximale relevées restent dans la fourchette de la norme dictée par l'OMS, (2024). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Orelie (2017) ; Mafuta et al. (2018). Dans son étude, Orelie (2017) a relevé des valeurs de conductivité comprises entre 131 et $489 \mu\text{S}/\text{cm}$ qui traduisent une minéralisation faible à modérément accentuée. Mafuta et al. (2018) ont relevé des valeurs de la conductivité de l'ordre de $303,16 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour la rivière Kwilu et de $326 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour la rivière Ngongo dans la province du Kongo Central en RD Congo. La

différence de la conductivité relevée dans la présente étude avec celle de Orelie (2017) serait due au type d'infrastructure d'eau (ce dernier ayant étudié l'eau des puits aménagés et stagnantes à la différence avec les six sources analysées) et la nature géologique du substrat par rapport à Mafuta et al. (2018). Les variations de la conductivité indiquent que la teneur en sels et en substances chimiques inorganiques dans l'eau a aussi subi des modifications et, cela peut signaler l'existence de nouveaux ou d'autres contaminants dans l'eau (Belghiti et al., 2013). Des niveaux élevés peuvent être observés en raison d'une concentration supérieure en sel, ce qui peut fournir des indications sur la géologie sous-jacente influençant l'eau potable (PRO-WASH, 2022).

La saison pluvieuse a été plus favorable à l'augmentation de la turbidité dans l'eau des six sources par rapport à la saison sèche avec une différence statistique très hautement significative ($p = 0,0000$), avec une valeur élevée dans la source Bengi (soit $47,8 \pm 1,04 \text{ UNT}$) et faible à Luniungu (soit $6,2 \pm 0,64 \text{ UNT}$) et, ces valeurs sont de loin supérieures à la norme établie par l'OMS (2024) (turbidité $< 5 \text{ UNT}$). Les résultats de la présente étude sont proches de ceux obtenus par Mulula et al. (2026) (turbidité comprise entre $8,60 \pm 0,60 \text{ NTU}$ saison sèche et $11,80 \pm 0,72 \text{ NTU}$ saison de pluies). La turbidité évalue la clarté variable de l'eau, qui peut être influencée par des particules présentes dans l'eau (algues, saleté, minéraux, protéines, huiles, bactéries, etc.) (Fallou, 2024). Bien que ces particules ne soient pas discernables individuellement, elles ont la capacité de disperser la lumière. La turbidité, bien qu'elle ne nuise pas directement à la santé humaine, est souvent liée à une contamination microbienne de l'eau potable en cas d'élévation et peut la rendre impropre à la consommation humaine (Mukwita et al., 2023). Les valeurs élevées de la turbidité dans l'eau des six sources analysées durant la saison de pluies sont causées par les précipitations qui apportent des matières organiques et non organiques d'amont vers l'aval des bassins versants (Bassakouahou et al., 2024). Les six sources d'eau prospectées au cours de cette étude se trouvent vers le bas fond des vallées, ce qui les disposent à recueillir régulièrement les eaux de ruissellement qui emportent toutes sortes des débris.

Les eaux des six sources analysées ont présenté une variation du potentiel d'hydrogène en fonction des saisons de l'année et le pH a varié d'une source à l'autre

où les valeurs d'acidité les plus élevées avec une différence statistique significative ($p = 0,0000$) ont été relevées durant la saison sèche (soit $3,17 \pm 0,00$ dans la source Luniungu) qu'en saison de pluies (soit $5,09 \pm 0,00$ dans la source Kiyaka 1) et restent de loin inférieures aux valeurs guides (pH compris entre 6,5 et 8,5) préconisées par l'OMS (2024). Ces résultats soulignent la mauvaise qualité de l'eau tenant compte de ce paramètre et sont en contradiction avec les résultats trouvés par Mafuta et al., (2018) (pH compris entre 7,62 pour la rivière Kwilu et 7,12 pour la rivière Ngongo) ; Bassakouahou et al. (2024) (tendance basique du pH = 7,8 à 8,84). Des niveaux de pH plus extrêmes dans l'eau potable peuvent avoir des effets indirects sur la santé humaine et, l'eau particulièrement acide peut provoquer la corrosion des canalisations et des installations sanitaires, ce qui entraîne une contamination de l'eau par les métaux contenus dans les tuyaux et les appareils (PRO-WASH, 2022). De plus, un pH acide est capable de dissoudre les minéraux présents dans les roches et le sol, conduisant à une concentration élevée d'éléments présents dans ces substances. Par ailleurs, la présence d'éléments toxiques dans l'eau peut être source de problèmes de santé humaine (Orelieu, 2017).

D'après les résultats comparatifs par rapport à la référence établie par l'OMS (2024) concernant les paramètres microbiologiques examinés pour juger de la propreté de l'eau destinée à la consommation humaine dans le secteur Luniungu, situé dans le territoire de Bulungu en RD Congo, il convient de souligner que les eaux issues des six sources explorées présentent une mauvaise qualité. La norme OMS (2024) sur la potabilité de l'eau suggère la présence d'aucune colonie des germes dans l'eau de boisson humaine. Par ailleurs, en comparaison avec la norme établie par l'OMS (2024), on note que la charge de tous les germes (*Escherichia coli*, *Proteus sp*, *Salmonella sp*, *Shigella sp*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidemis*, *S. saprophytis*, *Pseudomonas sp*, moisissures, germes totaux et les bactéries mésophiles) isolés au cours de cette étude dans les eaux des six sources reste très élevée durant la saison de pluies comme pendant la saison sèche avec une prédominance des germes *Escherichia coli* notamment dans l'eau des sources Kiyaka 1 et Kiyaka 2.

Bien que cette étude ait révélé une disparité relative dans la densité des germes à travers toutes les six sources, l'origine de cette contamination pourrait être identique ; il est probable qu'elle soit liée à la manière dont sont gérés les excréments humains et

animaux. Ces observations corroborent avec celles faites par Orelieu (2017) ; Mafuta et al. (2018) ; PRO-WASH (2022) ; Kakundika et al. (2022). Dans leur étude, Mafuta et al. (2018) ont signalé la présence excessive de coliformes totaux, des coliformes fécaux, des *Serratiamorscens* et des *Proteüs mirabilis* dans les eaux de la rivière Kwilu et Ngongo.

Le microorganisme indicateur de contamination fécale est généralement présenté dans les excréments des mammifères. La détection d'*Escherichia coli* est souvent le signe d'une pollution fécale de l'eau (Kakundika et al., 2022). Le mouvement du vent et les eaux de ruissellement pourraient jouer un rôle de vecteur dans le déplacement de ces déjections vers les sources et les rivières. De plus, tant à proximité immédiate de ces points d'eau qu'à distance, nous avons constaté une présence massive d'animaux d'élevage (caprins, bovins, équins, etc.) qui sont déplacés dans différentes directions (en amont, en aval, sur les côtés) de ces points d'eau.

Les déjections de ces animaux, qui sont une source de pollution, peuvent également être dispersées par le vent et la pluie, conduisant à leur contamination. Au cours de cette étude, il a été observé la présence massive de la population sur les points d'approvisionnement d'eau de boisson dite « source d'eau ». Dans d'autres sources, certaines personnes font la lessive et la vaisselle qui contribuent à générer des déchets organiques et inorganiques qui sont à la base de la prolifération des germes de plusieurs natures.

Ainsi, la plupart de ces germes sont pathogènes et peuvent entraîner une infection. Les signes d'une infection incluent la diarrhée, les douleurs abdominales, les nausées, les vomissements et la fièvre. Plus rarement, des symptômes plus sévères peuvent comprendre une diarrhée contenant du sang, des complications sanguines, une infection des reins ou des infections urinaires (Verhille, 2013). La présence de l'*E. coli* ne garantit pas toujours une infection, cependant elle indique que d'autres pathogènes fécaux infectieux pourraient aussi exister (PRO-WASH, 2022). Brasseur et al. (2001) ; Balthazard-Accou (2011) ont déjà mené des recherches comparables, mettant en lumière la présence de micro-organismes pathogènes (oocystes de cryptosporidies) dans les eaux superficielles et celles destinées à la consommation humaine en Haïti, particulièrement à Port-au-Prince et dans la ville des Cayes. Ces études ont été réalisées en se basant sur des paramètres et conditions environnementales similaires à ceux de la présente étude. Selon Balthazard-Accou (2011), ces oocystes

constituent des parasites qui envahissent l'intestin de nombreux vertébrés. Selon Emmanuel & Landskog (2002), des amas de coliformes totaux et fécaux ont été découverts dans les eaux utilisées pour la métropole de Port-au-Prince. De plus, des recherches menées par Ahoussi et al. (2013) en Côte d'Ivoire, Makoutode et al. (1999) au Bénin, Nola et al. (1998) au Cameroun - tous des pays en voie de développement similaires à Haïti ont démontré des incidents de pollution de l'eau par *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux, tant dans les zones rurales que urbaines.

5. Conclusion

Cette étude avait pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique de base de l'eau de certaines sources dans le secteur de Luniungu, territoire de Bulungu dans la province du Kwilu en RD Congo ; en vue d'évaluer le niveau de potabilité de l'eau de boisson consommée par la population de cette contrée. Les résultats obtenus ont montré que l'eau des six sources prospectées au cours de cette étude est d'une mauvaise qualité du point de vue physico-chimique (pour quelques paramètres) et microbiologique (pour tous les paramètres analysés) en tenant compte des valeurs normatives établies par l'OMS pour une eau de boisson.

La saison joue un rôle non négligeable sur la qualité de l'eau avec des pics de contamination durant la saison de pluies pour la plupart des cas. Bien que cette étude ait révélé une disparité relative dans la densité des germes à travers toutes les six sources, l'origine de cette contamination pourrait être identique ; il est probable qu'elle soit liée à la manière dont sont gérés les excréments humains et animaux. Il est important que l'eau de boisson utilisée par la population locale passe par un traitement physiques et chimiques utilisant certains purifiants en vue d'éviter la prolifération des maladies hydriques. La poursuite de cette étude est vivement souhaitée en vue de dénombrer les maladies hydriques dont fait face la population consommatrice d'eau de ces six sources.

Remerciements

Les auteurs remercient la communauté locale du Secteur de Luniungu dans le territoire de Bulungu de la Province du Kwilu en RD Congo plus particulièrement les autorités politico-administratives pour leur contribution dans la réalisation de cette recherche.

Financement

La recherche a été conduite avec le fond propre des auteurs qui, n'ont reçu aucun financement d'une personnalité morale ou physique.

Conflit d'intérêt

Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêt engageant cette recherche.

Considération éthique

La recherche a été conduite dans le strict respect de la considération éthique et morale en ce qui concerne le prélèvement et la manipulation des échantillons d'eau des sources analysées après approbation des autorités locales.

Contribution des auteurs

K.M.M.B: a été impliqué dans la conception de l'étude, la collecte et l'analyse des données, ainsi que la rédaction et la révision du manuscrit.

L.S.W: a été impliqué dans la collecte et l'analyse statistiques des données, la rédaction et la révision du manuscrit.

A.T.L: a pris part à l'analyse des données au laboratoire et à la révision du manuscrit.

BUNDU M.G: a participé à la révision du manuscrit

K.N.O: a participé à la conception de la recherche, analyse des données au laboratoire et révision du manuscrit

P.K.V: a participé à la conception de la recherche, collecte des données, rédaction et révision du manuscrit

I.B.J: a participé à la conception de la recherche, collecte et l'analyse des données, rédaction et révision du manuscrit

ORCID des auteurs

KAHULA M.M.B: <https://orcid.org/0009-0002-1973-7208>

LUSASI S.W: <https://orcid.org/0000-0002-2526-7903>

ASAMBOA T.L: <https://orcid.org/0009-0005-2633-5348>

BUNDU M.G: [N/A](#)

KABENA N.O: <https://orcid.org/0009-0003-8576-7613>

PWEMA K.V: <https://orcid.org/0009-0002-2355-1668>

ITEKU B.J: <https://orcid.org/0000-0003-4154-9211>

Références bibliographiques

- Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro B. & Biemi J., 2013. Etude hydrochimique et microbiologique de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire : Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouman). 17 p.
- Akil A., Hassan T., Fatima E.H., Lahcen B. & Abderrahim L., 2014. Etude de la qualité physicochimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. 11 p.
- Balthazard A.K., 2011. *Contamination microbiologique des eaux souterraines de la ville des Cayes, Haïti. Evaluation des risques pour la santé des consommateurs*. [Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne & Université Quisqueya, 208 p].
- Bassakouahou G., Ngouala M.M. & Mbilou G.U., 2024. Variations saisonnières des paramètres physico-chimiques des eaux de surface du bassin versant de la Loutété et ses environs, Sud-est du Congo. *Afrique SCIENCE*, 25(1), 61-74.
- Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D. & El Moustaine R., 2013. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe plio-quaternaire de la région de Meknès (Maroc), 16 p.
- Brasseur P., Eyma E., Li X., Verdier R.I., Agnamey P., Liautaud B., Dei Cas E., Pape J.W. & Raccurt C., 2001. Circulation des oocystes de *Cryptosporidium* dans les eaux de surface et de distribution par adduction publique à Port-au-Prince, Haïti. In : *Actes du Colloque International réalisé à Port-au-Prince*, 173 -176 pp.
- Downes F. P. & Ito K., 2001. *Compendium of method for microbiological examination Staphylococcus*, 20^{ème} Ed. American Public Health, Washington DC, USA.
- Emmanuel E. & Landskog P., 2002. Regards sur la situation des ressources en eau de la République d'Haïti. In : *Actes du Colloque International réalisé à Port-au-Prince* 32 – 54 pp.
- Emmanuel E., 2004. *Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers*. [Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 246 p].
- Fallou H., 2024. *Guide technique sur la mesure de turbidité et la concentration en matières en suspension : Précisions méthodologiques et application au réseau de mesure haute fréquence SyVel*. Guide Technique, GiP Loire Estuaire, 19 p.
- Hajji Hour R., Anissi J. & El Hassouni M., 2016. Rapid assessment of bacteria and *Escherichia coli* in different water's sources. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(4): 697-703.
- Heriarivony S.C., Razanamparany B. & Rakotomalala J.E., 2015. Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation de la commune rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, Madagascar.
- Iungbi S.N., Wembo M.F., Elumba K., Kasolwa T., Mungele B. & Kazadi M.Z., 2019. 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.
- Jacmin C., 2020. *Gestion des ressources hydrographiques de la RDC : Cas de la rivière Lukaya*. [Mémoire de DEA, Université de Liège, Belgique, 94 p].
- Kahoul M. & Touhami M., 2014. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). 10 p.
- Kakundika J.M., Cigorogo J.R., Mobuto J.B., Kumba D.Y., Lusasi W.S. & Musibono D.E., 2022. Spatial and temporal characterization of water quality of the N'djili River in Kinshasa. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 3(4) : 218 – 228.
- Kassim C., 2005. *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du District de Bamako*. [Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bamako, Mali].
- 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.
- Mafuta M.C., Woto E.L., Ngesevua L.D., Silulundi M.V., Siluakibanza N.J.J., Binzunga-Di-Nseka A., Munzamba M.B. & Kungsi N.I., 2018. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux des

- rivières Kwilu et Ngongo en République Démocratique du Congo. *Afrique SCIENCE*, 14(3), 391-398.
- Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A. & Van Clooster M., 2011. *Contribution à l'étude physicochimiques des eaux superficielles de l'oued Moulouya* (Maroc Oriental). 21 p.
- Makoutode M., Assani A.K., Ouendo E.M., Agueh V.D. & Diallo P., 1999. Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand Popo, 7 p.
- Mangamba Z.J., Lusasi S.W., Kazaba K.B., Mulula K.M., Mbimbi M.M.J., Tembeni M.J. & Pwema K.V., 2026. Variation spatio-temporelle et saisonnière des caractéristiques hydrologiques et physico-chimiques de la Rivière Lukula dans le Territoire de Masi-Manimba, Province du Kwilu (République Démocratique du Congo). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 9(2) : 1 – 21. <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.1>
- 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.
- Mulula K.M., Lusasi S.W., Mangamba Z.J., Mbimbi M.M.J., Tembeni M.J. & Pwema K.V., 2026. Analyse de la variation spatio-temporelle des paramètres hydrologiques et physico-chimiques de la Rivière Nko dans le Territoire de Bulungu, Province du Kwilu (République Démocratique du Congo). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 9(2) : 1 – 10. <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.1>.
- Nations Unies., 2012. Objectifs du Millénaire pour le développement 2012.
- Nkuadi M.A., Lufuluabo K.J., Katshongo M.F., Beya D.J-P. & Omanyondo O.M.C., 2023. Analyse de la pollution des eaux des rivières traversant la ville de Kinshasa pendant la saison sèche. *Revue des Sciences de la Santé (Rev. Sci. Sant.)*, 2(1) : 11 – 17. DOI: <https://doi.org/10.71004/rss.023.v2.i1.13>.
- Nola M., Njine T., Monkiedje A., Foko S.V., Djuikom E. & Talliez R., 1998. Qualité bactériologique des eaux des sources et des puits de Yaoundé (Cameroun), 7 p.
- Odoulami L., 2009. Problématique de l'eau potable et de la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). [Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi,] 230 p.
- OMS, 2011. *Guidelines for drinking-water quality*. Fourth edition, Geneva, 564 p.
- OMS, 2016. Normes mondiales de la qualité des eaux de surface et directives sur l'eau de boisson. Genève, Suisse.
- OMS, 2024. *Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson, seuils sanitaires internationaux pour la garantie de leau sure*. Genève, Suisse.
- Orelie F., 2017. *Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau)*. [Diplôme de Master de spécialisation en Sciences et Gestion de l'Environnement dans les pays en développement, Université Catholique de Louvain, Belgique, 85 p, DOI : <http://hdl.handle.net/2268.2/3245>].
- PRO-WASH (Pratiques, Recherche et Opérations en Eau, Assainissement et Hygiène), 2022. Guide Technique sur la Surveillance de la Qualité de l'Eau Potable. Guide pratique, Washington DC, Université de Caroline du Nord et Save the Children, 60 p.
- Rodier J., Legude B. & Merlet N., 2009. L'analyse de l'eau. 9th Edition, Dunod, 1579 p.
- Taylor W.L., 1965. Isolation of *Shigella*. L. Xylose Lysine Agar: New media for isolation of enteric pathogens, *American Journal of Clinical Pathology*, 44: 471
- Verhille S., 2013. Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la sante publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 13 p.
- WATERAID., 2015. *Partout et pour tous. Une vision pour l'accès à l'eau potable, à l'hygiène et à l'assainissement après 2015*. WaterAid, Londres, Royaume-Uni,
- Yangongo M.W., 2020. *Traitement des eaux usées domestiques par Pistia stratiotes L. dans la commune de la N'sele à Kinshasa, RD-Congo*. [Mémoire de DEA en Sciences Biologiques, Université Nationale Pédagogique, RD Congo, 131 p].