



Original Paper

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

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

Impact des activités anthropiques sur la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Tshuenge localisée à l'Est de Kinshasa/RD Congo

Daniel-Bienvenu Kwa Mungu SIFA^{1,3*}, Plamedi Lualaba NZADI² et Benjamin Ne-Kongo MAYALA²

¹ Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département de Chimie et Industries Agricoles, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo.

² Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département de Gestion des Ressources Naturelles, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo.

³ Ministère des Mines, Direction de Protection de l'Environnement Minier – DPEM, Kinshasa, RD Congo.
*Auteur correspondant, E-mail : danielb.skm@gmail.com

Received: 23-04-2024

Accepted: 11-06-2024

Published: 30 06 2024

RESUME

A Kinshasa, les eaux de surface sont soumises à de fortes pressions anthropiques suscitées par le développement et l'extension des activités agricoles, industrielles et domestiques. Une des principales conséquences de cela est la pollution à grande échelle des cours d'eau en raison des rejets déversés dans les rivières, de l'utilisation excessive des fertilisants agricoles et des effluents d'origine urbaine et industrielle. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Tshuenge, localisée à l'Est de Kinshasa, en se basant sur l'indice de qualité de l'eau (IQE). Pour ce faire, deux campagnes de prélèvement des échantillons ont été réalisées en saison sèche (mois d'août 2022) et en saison pluvieuse (mois de mars 2023) et trois points ont été étudiés le long de ladite rivière. La caractérisation physico-chimique de ces eaux a révélé qu'elles étaient chargées en Oxygène dissous (5,09-26,2 mg/L), en Turbidité (8,09-19,98 NTU), et en matière minérale exprimée en terme de Conductivité électrique (83,15-194,5 µS/Cm) avec des pH entre 5,99 - 7. Les teneurs moyennes en ions Nitrates, Nitrite, Ammonium et en Orthophosphate étaient respectivement de l'ordre de 10 mg/L ; 0,3 mg/L ; 1 mg/L et de 6 mg/L. Ces valeurs sont très inquiétantes car elles étaient supérieures à celle des normes de l'OMS, ce qui représente un risque certain pour la santé publique et pour l'environnement. La variation saisonnière des paramètres susmentionnés démontre que les eaux de la rivière sont non potables de l'amont en aval pendant toutes les deux saisons de l'année car les eaux de la rivière Tshuenge reçoivent en surcroît des déchets ménagers, des eaux usées et autres décharges non contrôlées. Il convient que les pouvoirs publics s'impliquent dans la gestion intégrale de tous ces déchets et eaux usées afin de protéger les ressources en eau douce, un patrimoine national en dégradation.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Contamination, pollution, paramètres, indice de qualité, gestion.

Impact of anthropogenic activities on the physicochemical quality of the waters of the Tshuenge River located east of Kinshasa/DR Congo

ABSTRACT

In Kinshasa, surface waters are subject to strong anthropogenic pressures caused by the development and expansion of agricultural, industrial and domestic activities. One of the main consequences of this is the large-scale pollution of waterways due to discharges dumped into rivers, the excessive use of agricultural fertilizers and effluents of urban and industrial origin. The objective of this study was to evaluate the impact of

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

9660-IJBCS

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i3.31>

anthropogenic activities on the physicochemical quality of the waters of the Tshuenge River, located east of Kinshasa, based on the water quality index. (IQE). To do this, two sample collection campaigns were carried out in the dry season (August 2022) and in the rainy season (March 2023) and three points were studied along the said river. The physicochemical characterization of these waters revealed that they were loaded with dissolved oxygen (5.09-26.2 mg/L), turbidity (8.09-19.98 NTU), and mineral matter expressed in term of Electrical Conductivity (83.15-194.5 μ S/Cm) with pH of 5.99 - 7. The average contents of Nitrates, Nitrite, Ammonium and Orthophosphate ions were respectively of the order of 10 mg/L; 0.3 mg/L; 1 mg/L and 6 mg/L. These values are very worrying because they were higher than the WHO standards, which represents a certain risk for public health and the environment. The seasonal variation of the above-mentioned parameters demonstrates that the waters of the river are undrinkable from upstream to downstream during both seasons of the year because the waters of the Tshuenge River additionally receive household waste, sewage and others. uncontrolled landfills. Public authorities should get involved in the comprehensive management of all this waste and wastewater and finally protect fresh water resources, a national heritage in deterioration.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords : Contamination, pollution, parameters, quality index, management.

INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo (RDC) est théoriquement le pays disposant des ressources hydriques les plus abondantes en Afrique où ces eaux de surface représentent environ 52% des réserves en eau du continent (ANAPI-RDC, 2021). Sa gestion rationnelle et durable s'avère être très importante car l'eau a une valeur économique pouvant constituer un atout majeur de développement.

Cependant en RDC, les immondices de toute nature comptent parmi les principales causes de pollution des eaux et donc de mortalité de la population. Leur gravité est fonction de la densité des populations, des pratiques agricoles et industrielles. En plus, d'après Falanga et al. (2018), Kinshasa n'échappe pas aux problèmes des pollutions d'origines diverses à cause du manque d'hygiène généralisée de la population, aussi bien sur le plan individuel que collectif. Quotidiennement, au moins 10.000 tonnes des déchets solides sont générées dans cette ville. Par manque d'assainissement adéquat, ces ordures sont déversées en majeure partie dans les cours d'eau, les rues, les égouts à ciel ouvert devenant ainsi des poubelles publiques ou lieux de décharges (Bangala et al., 2015).

Face à ce dilemme, le contrôle des paramètres physicochimiques des cours d'eau traversant les quartiers de Kinshasa paraît très important en vue de connaître les éléments toxiques pouvant être à la base de la pollution de ces dernières et des maladies de diverses

natures chez les utilisateurs de ces eaux. Tout ce qui précède explique pourquoi en RDC et dans plusieurs pays d'Afrique, de nombreux auteurs ont tenté d'apporter leur contribution à la compréhension et/ou à la résorption de ce grand problème de pollution des cours d'eau locaux. Parmi ceux-ci, Falanga et al. (2018) ont caractérisé quelques polluants chimiques de la rivière Tshuenge, tandis que Mukwita et al. (2023) ont étudié la qualité des eaux de la rivière Lukunga. Dans le même ordre d'idée, la problématique soulevée dans ce travail porte sur la pollution des eaux et son impact sur les populations riveraines dans le bassin versant de la rivière Tshuenge sur laquelle quelques autres études ont précédemment été réalisées.

En effet, malgré les différentes études réalisées par diverses institutions tant nationales qu'internationales pour venir à bout de cette question de pollution des eaux urbaines de Kinshasa, elle demeure sans solution durable. C'est dans ce contexte qu'à travers cette étude, nous avons examiné la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Tshuenge qui traverse des quartiers de fortes concentrations de populations humaines.

L'objectif global assigné à ce travail était de déterminer l'impact des activités anthropiques, du changement saisonnier au cours de l'année et de l'emplacement du point de prise des échantillons sur la qualité physicochimique des eaux de la rivière Tshuenge.

MATERIEL ET METHODES

Description de la rivière Tshuenge et des sites de prises des échantillons

L'étude s'est effectuée sur la rivière Tshuenge située au Nord-Est et à 20 Km du Centre-ville de Kinshasa. Elle tire son origine au pied des collines de la N'sele à 340 m d'altitude. Elle traverse les communes de N'sele, Kimbanseke et Masina. Elle reçoit peu de ruisseaux et charrie des décharges polluantes des eaux ménagères, des eaux de vanne et d'autres déchets domestiques avant de se jeter dans les marécages du fleuve. Pour bien réaliser cette étude, trois points de cette rivière ont été retenus pour le prélèvement des échantillons. Le choix des points de prélèvement a été effectué de manière à couvrir l'ensemble de la rivière et comparativement entre eux, un point était situé en amont, un au milieu et un dernier en aval. Les coordonnées géographiques et autres informations relatives à ces trois points sont données dans le Tableau 1 (coordonnées géographiques, communes, et observations). Les prélèvements ont été effectués en deux périodes différentes de l'année correspondant chacune à une saison que connaît la ville de Kinshasa. Les premières prises d'échantillons ont été effectuées au mois d'août 2022 et les dernières en mars 2023.

En marge des prélèvements des échantillons d'eau de la rivière Tshuenge, une enquête a été menée auprès de la population riveraine vivant proches des points de prélèvement des échantillons. Les principaux points où les investigations se sont déroulées étaient aux alentours des endroits où les échantillons ont été prélevés.

Matériel

Les différents appareils et matériels utilisés sont : l'eau à traiter, le questionnaire d'enquête, le multi sonde de marque HANNA, le turbidimètre de marque HACH DR et un kit de marque MACHEREY-NAGEL.

Méthodes

Méthode d'échantillonnage

La campagne d'échantillonnage des eaux de la rivière a été menée pendant le mois d'août 2022 et mars 2023. Ces prélèvements ont été effectués en surface et ils ont été faits d'amont en aval dans le sens d'écoulement des

eaux. Les échantillons d'eaux ont été prélevés respectivement dans des bouteilles en plastique pour la détermination des paramètres physico-chimiques. Celles-ci ont été d'abord rincées trois fois avec l'eau à prélever avant leur remplissage proprement dit. Les flacons ainsi remplis ont été soigneusement refermés, étiquetés, conservés à une température de 0°C dans une glacière contenant la glace, puis transportés jusqu'au laboratoire de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa.

Méthode d'enquête

L'enquête réalisée a permis d'approfondir des recherches et avoir une idée sur les différents usages des eaux de la rivière Tshuenge. Elle a été effectuée du 20 au 22 mars 2023. Le type d'enquête appliqué était par questionnaire où ce dernier comportait des questions sur l'utilisation de l'eau de la rivière, la pollution de l'eau et sa gestion. Elle a été réalisée de l'amont en aval sur un échantillonnage de 30 individus repartis en trois points de prélèvements et elle a été destinée à la population riveraine.

Potentiel d'Hydrogène

La sonde du pH-mètre de marque HANNA a été plongée dans l'eau distillée puis dans les échantillons à analyser avec calibrage, ensuite ces derniers ont été agités pour s'assurer de la fiabilité du résultat. Enfin, la touche ON/OFF de l'appareil a été pressée afin qu'il affiche les valeurs du pH et de la température à même temps.

Turbidité

Cette analyse a été faite avec un turbidimètre de marque HACH DR. La valeur de turbidité obtenue exprimée en NTU.

Oxygène dissous

Cette analyse a été faite avec un appareil de marque HANNA. La lecture des résultats a été réalisée milligramme par litre d'oxygène (mg/L de O₂).

Dureté

Cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL. Le résultat était exprimé en milligramme par litre.

Conductivité électrique

Cette analyse a été faite avec un appareil de marque HANNA. Après réglage de celui-ci, la sonde a été plongée dans les béciers contenant l'eau à analyser, ensuite la

détermination était directe, la lecture des résultats a été réalisée micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Ion Ammonium

Cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL.

Ion Nitrate

Cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL.

Ion Nitrite

Pour une prise d'essai de 10 ml, la valeur de la teneur en nitrates a été divisée par 4.43 pour trouver la teneur en nitrites, le résultat était exprimé en mg/L d'eau.

Ion Phosphate

Cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL Le résultat était exprimé en milligramme par litre.

Calcul d'indice de qualité

Dans cette étude, l'indice IQE a été appliqué pour estimer l'influence des facteurs naturels et anthropiques sur la base de plusieurs paramètres clés du chimisme des eaux de surface de la rivière Tshuenge. Cet indice est calculé en suivant la méthode de l'indice arithmétique pondéré (Chatterji et Raziuddin, 2002 ; Yidana et Yidana, 2010). Dans cette approche, une valeur numérique appelée poids relatif (W_i), spécifique à chaque paramètre physico-chimique, est calculée selon la formule suivante :

$$W_i = \frac{k}{S_i} \quad (1)$$

Avec :

k : constante de proportionnalité et peut également être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{S_i} \right)} \quad (2)$$

n : nombre de paramètres

S_i : valeur maximale de la norme OMS (2017) des eaux de surface de chaque paramètre en mg/l sauf pour le pH, la Turbidité et la conductivité électrique.

Ensuite, une échelle d'évaluation de la qualité (Q_i) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme dudit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 comme dans la formule suivante :

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (3)$$

Où

Q_i : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre.

C_i : la concentration de chaque paramètre en mg/l

Finalement l'indice global de la qualité de l'eau est calculé par l'équation suivante :

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

Analyses statistiques

Les logiciels R, SPSS et Excel ont été utilisés pour l'analyse statistique des données récoltées au cours de cette recherche. L'analyse de variance (ANOVA), la moyenne et l'écart-type ainsi que le test de Tukey ont été utilisés comme outils statistiques pour déceler les différences significatives entre les valeurs moyennes de tous les paramètres mesurés.

RESULTATS

Ce chapitre présente les résultats obtenus après l'enquête effectuée auprès des populations vivant aux alentours de la rivière Tshuenge ainsi que des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons d'eau prélevés de cette rivière.

Résultats des enquêtes

Les Tableaux 2, 3, 4 donnent la synthèse des résultats sur les usages et la perception des causes et conséquences de la pollution de la rivière Tshuenge par la population riveraine.

Le Tableau 2 indique que sur l'ensemble des enquêtés, les femmes représentaient 60% de l'effectif. Concernant l'âge des enquêtés, la tranche dominante était celle qui se situe entre 21 à 30 ans. En outre, 33,3% des enquêtés avaient un niveau d'étude universitaire. S'agissant de la profession, les étudiants ont été les plus nombreux, tandis que sur le plan matrimonial, une frange importante des répondants dans cette étude était constituée des célibataires.

Le Tableau 3 montre que 100% des enquêtés connaissaient la rivière Tshuenge mais seulement 86,7% utilisaient l'eau provenant de cette rivière. Concernant

l'utilisation de cette eau, l'enquête a révélé que 46,2% de l'échantillon l'utilisaient pour un usage domestique, surtout pour la baignade. S'agissant des problèmes liés à l'utilisation de cette eau, l'étude nous montre que 51,7% des enquêtés ont affirmé que cette eau n'avait jamais posé de problèmes. Ce tableau nous renseigne aussi que 59,1% des cultivateurs dépendant de cette rivière utilisaient des engrais chimiques dont le NPK avait occupé la première position.

Le Tableau 4 informe que 80% des enquêtés ont déjà vu des gens jeter des déchets dans la rivière Tshuenge, particulièrement des bouteilles en plastiques ; 93,1% parmi eux ont témoigné que cette eau était importante pour eux car elle permettait l'arrosage de leurs cultures.

Résultats des analyses physico-chimiques

Ce travail de recherche, en plus d'avoir obtenu les avis et considérations de la population riveraine sur les causes et conséquences de la pollution de la rivière Tshuenge, a aussi procédé à l'analyse des échantillons prélevés en trois points de cette rivière dont l'un est en amont, le deuxième au milieu et le troisième en aval par rapport aux autres. Le Tableau 5 donne les résultats obtenus de ces analyses.

La comparaison des résultats donnés par le Tableau 5 peut être faite à deux niveaux : (1) entre différentes saisons pour un même point échantillonné et (2) entre les différents points de la rivière Tshuenge

En considérant les valeurs observées au niveau des saisons :

En amont : il n'y avait pas de différence significative entre les deux saisons du point de vue de la dureté, de la teneur en nitrate et en nitrite. Les autres paramètres analysés ont présenté des différences significatives. Par rapport à la saison pluvieuse, la saison sèche a accusé des valeurs élevées uniquement en ce qui concerne la teneur en oxygène dissous.

Au milieu : il n'y avait pas de différence significative entre les deux saisons uniquement du point de vue de la conductivité électrique. Par rapport à la saison pluvieuse, la saison sèche a accusé des valeurs élevées de

Turbidité, d'Oxygène dissous, des Nitrates et des nitrites.

En aval : seule la teneur en Nitrates n'a pas accusé de différences significatives entre les deux saisons alors que les teneurs en Oxygène dissous et en Nitrites ont été plus élevées en saison sèche comparativement à la saison pluvieuse.

En comparant les trois parties de la rivière qui ont fait l'objet de l'échantillonnage, Les valeurs de pH les plus élevées ont été observées pendant la saison pluvieuse en amont et en aval ; la turbidité la plus élevée a été enregistrée au milieu durant la saison sèche et la plus faible en amont en saison sèche ; les duretés les plus élevées ont prévalu en saison pluvieuse au milieu et en aval ; la conductivité a manifesté une tendance croissante de l'amont vers l'aval. Les échantillons récoltés en aval ont présenté la conductivité la plus élevées dont celle enregistrée en saison pluvieuse était plus élevée que celle de la saison sèche ; les teneurs en Oxygène dissous enregistrées en saison sèche ont été plus importantes qu'en saison pluvieuse dans tous les points, avec un pic au point du milieu. Les valeurs de l'ion ammonium étaient restées faibles pendant la saison sèche de l'amont en aval mais elles ont été élevées pendant la saison pluvieuse en amont ; l'ion nitrate a présenté une tendance croissante de l'amont en aval pendant toutes les deux saisons où les valeurs les plus faibles ont été enregistrées en amont et celles les plus élevées en aval ; l'ion nitrite a présenté des valeurs faibles pendant la saison pluvieuse de l'amont en aval mais plus élevées pendant la saison sèche au milieu et en aval ; la plus petite valeur enregistrée pour l'ion phosphate a été observée en aval pendant la saison pluvieuse tandis que la plus grande a été identifiée en amont pendant la même saison.

Calcul d'indice de qualité

Le calcul d'indice de qualité consigné aux Tableaux 6, 7 et 8 renseigne que l'eau de la rivière Tshuenge était polluée, non potable de l'amont en aval pendant toutes les deux saisons mais la valeur la plus petite a été enregistrée en amont pendant la saison sèche et la plus grande a été enregistrée au milieu pendant la saison sèche.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites de prélèvement.

Point de prélèvement	Longitude Est	Latitude Sud	Commune	Observation
Amont	15,436165°	4,4181°	N'sele	Milieu moins habité, dominé par l'agriculture
Milieu	15,427739°	4,4039°	Kimbanseke	Le long du boulevard lumumba
Aval	15,418458°	4,3875°	Masina	Le long du site maraicher de la tshuenge

Tableau 2 : Profil des enquêtés.

Profil des enquêtés		Effectif	Fréquence (%)
Genre	Masculin	12	40,0
	Féminin	18	60,0
Age	10 – 20 ans	5	16,7
	21 – 30 ans	10	33,3
	31 – 40 ans	6	20,0
	41 – 50 ans	7	23,3
	51 – 60 ans	2	6,7
Niveau d'étude	Sans instruction	6	20,0
	Étude primaire	7	23,3
	Étude secondaire	7	23,3
	Étude universitaire	10	33,3
Profession	Fonctionnaire de l'État	3	10,0
	Agent d'une société privée	2	6,7
	Commerçant	4	13,3
	Médecin	1	3,3
	Avocat	1	3,3
	Vétérinaire ou Agronome	3	10,0
	Étudiant	10	33,3
	Maraicher	4	13,3
	Chômeur	2	6,7
État civil	Célibataire	17	56,7
	Marié(e)	7	23,3
	Divorcé(e)	2	6,7
	Veuf (ve)	4	13,3

Tableau 3 : Utilisations des eaux de la rivière Tshuenge.

UTILISATION		Effectif	Fréquence (%)
Connaissez-vous la rivière Tshuenge ?	OUI	30	100,0
Utilisez-vous l'eau provenant de cette rivière ?	OUI	26	86,7
	NON	4	13,3
Pour quels usages faites-vous de cette eau?	Usage Agricole	11	42,3
	Usage Domestique	12	46,2
	Usage Industriel	3	11,5
Pour l'usage domestique, cette eau est utilisée précisément pour	Eau de baignade	12	60,0
	Eau de cuisine	5	25,0
	Eau d'abreuvement d'animaux	1	5,0
	Eau de lessive	2	10,0
En considérant les trois questions précédentes, quelles sont les problèmes causés par l'usage de cette eau ?	Maladies toxiques, maladies infectieuses, maladies de peau	7	24,1
	Inondation dues aux immondices	4	13,8
	Mauvaise odeur	3	10,3
	Aucun problème	15	51,7
Utilisez-vous les engrais dans vos champs?	OUI	13	59,1
	NON	9	40,9
Si oui, quel type d'engrais apportez-vous?	NPK	9	69,2
	Urée	3	23,1
	Engrais organiques	1	7,7

Tableau 4 : Niveau de connaissance sur la pollution et la gestion.

Pollution et Gestion		Effectif	Fréquence (%)
Avez-vous déjà vu les gens jetés les déchets dans la rivière?	OUI	24	80,0
	NON	6	20,0
Si oui, quel type de déchets?	Bouteille plastique	14	58,3
	Feuille des arbres	2	8,3
	Déchets provenant des toilettes	4	16,7
	Déchets ménagers	4	16,7
1. Cette eau est importante pour vous?	OUI	27	93,1
	NON	2	6,9
2. Et pourquoi?	Nettoyage des engins (moto, etc.)	5	19,2

	l'eau de vaisselle	1	3,8
	Cuisine	5	19,2
	L'eau de boisson	1	3,8
	L'eau de lessive	3	11,5
	L'eau de baignade	3	11,5
	L'eau de distillation	1	3,8
	L'eau d'arrosage	6	23,1
	Abreuvement des animaux	1	3,8
Que recommandez-vous aux gens qui jettent des déchets dans l'eau?	Arrêter de jeter	22	73,3
	Jeter les déchets à des endroits Appropriés	6	6,7
	Aucune recommandation	2	20,0
D'après-vous, quelles sont les raisons qui les poussent à jeter les déchets	Écoulement des déchets par le mouvement d'eau	4	13,3
	Manque de poubelle	8	26,7
	Manque d'installation hygiénique	4	13,3
	Manque de conscience	8	26,7
	Aucune raison	6	20,0
Que proposez-vous pour corriger le problème de pollution d'eau	Conscientiser la population	19	63,3
	Renforcer la sécurité	7	23,3
	Aucune proposition	4	13,3

Tableau 5 : Valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées dans les 3 parties de la rivière Tshuenge.

Partie	SAISON	PARAMETRES								
		pH	Tur (NTU)	Dur (mg/l)	CE (µS/Cm)	OD (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	PO4 (mg/l)
Amont	Sèche	6,01±0,12 _b	8,06±0,03	17,8±0 _a	83,15±0,1	17,36±0,14	0,2±0 _a	1±0 _a	0,2±0 _a	1,5±0 _a
	Pluvieuse	7±0 _a	16,9±0,1	17,8±0 _a	89,7±0,3	6,64±0,36	1±0	1±0 _a	0,2±0 _a	6±0
Milieu	Sèche	5,99±0,08 _b	19,98±0,01	17,8±0 _a	146,3±0,7 _a	26,2±0,3	0,2±0 _a	7,5±0	0,3±0 _b	1,5±0 _a
	Pluvieuse	6,87±0,05 _a	17,2±0,1 _a	35,6±0 _b	147,6±0,4 _a	5,09±0,01 _a	0,5±0 _b	5±0	0,2±0 _a	3±0
Aval	Sèche	6,02±0,12 _b	12,17±0,02	17,8±0 _a	189,03±0,8	20,56±0,4	0,2±0 _a	10±0 _b	0,3±0 _b	1,5±0 _a
	Pluvieuse	6,97±0,05 _a	17,1±0 _a	35,6±0 _b	194,5±0,5	5,19±0,16 _a	0,5±0 _b	10±0 _b	0,2±0 _a	0,5±0

Légende : pH : Potentiel d'Hydrogène ; Tur : Turbidité ; Dur : Dureté ; CE : Conductivité Electrique ; OD : Oxygène Dissous ; NH4 : Ion Ammonium ; NO3 : Ion Nitrate ; NO2 : Ion Nitrite ; PO4 : Ion Phosphate.

Tableau 6 : Poids relatifs des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Normes OMS	S _i (valeur maximale standard, OMS)	1/S _i	W _i
OD (mg/L)	> 10	10	0,1	0,008
Dur (mg/L)	135-270	270	0,003	0,000
NH ₄ (mg/L)	< 0,5	0,5	2	0,16
NO ₃ (mg/L)	< 50	50	0,02	0,002
NO ₂ (mg/L)	< 0,1	0,1	10	0,8
PO ₄ (mg/L)	< 1,6	1,6	0,63	0,13
		Σ	12,8	1,1
		$k=1/\sum(1/S_i)$	0,08	

Tableau 7 : Valeurs de l'échelle d'évaluation de chaque paramètre.

SAISON	Q _i de chaque paramètre						ΣQ _i W _i
	OD	Dur	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄	
Amont sèche	173,6	6,6	40	2	200	93,8	180
Amont pluie	66,4	6,6	200	2	200	375	241,3
Milieu sèche	262	6,6	40	15	300	93,8	260,7
Milieu pluie	50,9	13,2	100	10	200	187,5	200,8
Aval sèche	205,6	6,6	40	20	300	93,8	260,2
Aval pluie	51,9	13,2	100	20	200	31,3	180,5

Tableau 8 : Valeurs de l'indice IQE et classe de qualité des eaux surface de la rivière Tshuenge pendant la saison sèche et pluvieuse.

Lieu	saison	IQE	Classe de qualité
Amont	Sèche	163,6	Eau non potable
	Pluvieuse	219,4	Eau non potable
Milieu	Sèche	237	Eau non potable
	Pluvieuse	182,5	Eau non potable
Aval	Sèche	236,5	Eau non potable
	Pluvieuse	164,1	Eau non potable

DISCUSSION

Les résultats obtenus, au cours de cette recherche sur la qualité physicochimique de la rivière Tsuengé, mettent en évidence deux variations significatives avec une tendance claire vers la dégradation, l'une spatiale de l'amont vers l'aval et l'autre saisonnière. Il y a donc une variation longitudinale Amont-Aval et une variation saisonnière. En ce qui concerne la variation longitudinale Amont-Aval, globalement, pendant les deux campagnes effectuées en août 2022 et mars 2023, sur le plan physico-chimique, la qualité des eaux de la rivière Tshuenge était non potable de l'amont en aval. Cette détérioration de la qualité des eaux de l'amont vers l'aval des rivières serait principalement liée aux rejets des eaux usées urbaines et industrielles et/ou à l'impact des activités agricoles (Şener et al., 2017 ; Kalonga et al., 2023). Pour ce qui est de notre cours d'eau, nous constatons que les valeurs moyennes du pH des eaux de la rivière Tshuenge se trouvent dans la zone légèrement acide à neutre, variant entre $5,99 \pm 0,08$ à 7 ± 0 . D'après, Falanga et al. (2018) cette situation s'explique par le fait que le terrain traversant cette rivière est pauvre en calcaire et par le dépôt des rejets n'ayant pas été traités. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés par Moussa et al. (2012) sur les eaux de l'oued khoumane au Maroc, Tshibanda et al. (2014) sur la rivière n'djili ainsi que Pwema (2014) au niveau du pool Malebo mais demeurent supérieurs à ceux trouvés par Wanga et al. (2015) sur la rivière Kalamu à Boma et inférieurs à ceux de Soumaila et al. (2022) sur le fleuve Niger à Niamey et Khaoula et Laifa (2020) sur le lac Fetzara au nord-est de l'Algérie. Par ailleurs, ils sont différents de ceux de Derwich et al. (2010) qui ont obtenu des valeurs variant entre 7,1 à 8,1 dans les eaux de nappes alluviales du haut Sebou.

Cependant, les valeurs de turbidité montrent que le long de la rivière Tshuenge l'eau est légèrement trouble avec des fortes concentrations au milieu pendant toutes les deux saisons. Cette situation confirme l'étude menée par Falanga et al. (2018) sur le même cours d'eau où les valeurs les plus élevées pour toutes les deux saisons ont été enregistrées au

milieu, phénomène qui pourrait s'expliquer par la présence de particules organiques apportés par les eaux de ruissellement et/ou par des eaux usées. Ces valeurs paraissent supérieures à celles trouvées par Ble et al. (2022) sur la rivière Kan en Côte d'Ivoire mais inférieures à celles de Tohouiri et al. (2016) sur la région de Bonoua en Côte d'Ivoire.

La conductivité électrique connaît un gradient croissant de l'amont en aval, cela est semblable avec celle de la rivière Gombe (Akatumbila et al., 2016). Cette situation se traduit par le fait que la rivière Tshuenge subit un impact des activités anthropiques sur tout son parcours jusqu'au fleuve Congo et elle draine les différents déchets de la population riveraine et du boulevard Lumumba. Mais alors, ce résultat demeure inférieur à celui trouvé par Akatumbila et al. (2016) sur la rivière Gombe aussi à celui d'Abboudi et al. (2014) sur le bassin de Guigou au Maroc et paraît supérieur à celui de Gbohaida et al. (2016) sur l'eau de boisson de la localité de Cotonou au Bénin. Ceci peut s'expliquer par les teneurs élevées en ions dissous de ces deux dernières rivières par rapport à la Tsuengé. En effet, la conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possède celle-ci à laisser passer le courant électrique (Kalonga et al., 2023).

La dureté totale d'une eau est liée à sa teneur en sels de calcium et de magnésium. La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations, sur les appareils de chauffage et sur le lavage de linge (Mahamane et Guel, 2015). Au vu des résultats de la dureté obtenue, il ressort que l'eau de la rivière Tshuenge est légèrement douce. Ce résultat est inférieur à celui trouvé par Coulibaly (2005) sur l'eau souterraine à Bamako. La pauvreté relative des sols de Kinshasa en base échangeables (Falanga et al., 2018 ; Mulaji et al., 2016) peut figurer parmi les principales causes de cette relative faible teneur en Calcium et Magnésium de la Rivière Tsuengé.

En outre, nos résultats révèlent que la teneur en ion ammonium a varié de 0,2 à 1 mg/L pour toutes les deux saisons et cela montre un faible taux de pollution. Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés par

Akatumbila et al. (2016). Quant à l'ion nitrate, les valeurs trouvées ont été inférieures aux normes OMS et cela montre qu'il y a pollution tout au long de la rivière Tshuenge. Par contre, les résultats montrent que les eaux usées, les déchets domestiques ainsi que l'utilisation des engrais constituent une source importante de pollution par l'ion nitrite. Concernant l'ion phosphate, la plus forte concentration a été observée en amont pendant la saison sèche cela s'explique par l'utilisation des détergents et des engrais.

La variation saisonnière : D'après Yogendra et al. (2008) la pollution des rivières est relativement plus élevée pendant la saison pluvieuse que lors de la saison sèche. Cependant, notre étude révèle que le pH de la saison sèche paraît inférieur à celui de la saison pluvieuse à cause du faible écoulement des eaux et l'apport abondante de déchets. Ce résultat corrobore à celui trouvé par Agblonon et al. (2017) sur la rivière Alibori au Bénin et contraire à celui d'Aguiza et al. (2017) sur la rivière Ngaoundere au Cameroun aussi de Merhabi et al. (2019) sur la rivière Kadicha au Liban.

La turbidité était plus accentuée en saison pluvieuse qu'en saison sèche suite au charriage des impuretés pendant cette période et a affecté la coloration (Falanga et al., 2018). Or notre étude a montré que la turbidité du milieu a été forte en saison sèche qu'en saison pluvieuse, cela s'était traduit par une forte concentration des activités anthropiques et des eaux usées déversées sur la rivière quelques jours avant le prélèvement. Ce résultat corrobore avec celui d'Aguiza et al., (2017) sur la rivière Ngaoundere au Cameroun où une forte concentration a été observée à un point vers l'aval pendant la saison sèche.

Les teneurs enregistrées en oxygène dissous montrent que les eaux de la rivière Tshuenge ont été moins oxygénées pendant la saison pluvieuse qu'en saison sèche. Les résultats obtenus en saison pluvieuse pourraient être attribués essentiellement à l'effet des températures élevées des eaux, qui pourraient être en faveur d'une multiplication bactérienne importante et donc de la consommation d'oxygène (Moussa et al.,

2012). Le même résultat a été enregistré par Hammami et al. (2005). Selon Makhoukh et al., (2011), l'augmentation des teneurs en oxygène dissous en saison sèche pourrait être due à un ensemble de facteurs, entre autres la diminution de la température.

Conclusion

Cette investigation a déterminé l'impact des activités anthropiques, du changement saisonnier au cours de l'année et de l'emplacement du point de prise des échantillons sur la qualité physicochimique des eaux de la rivière Tshuenge. Les enquêtes et observations faites ainsi que les analyses physicochimiques entreprises ont dévoilé un gradient amont-aval et ont défini une zonation longitudinale de la rivière en ce qui concerne les polluants chimiques divers. La plupart des paramètres étudiés ont présenté des concentrations au-dessus des normes OMS en matière des eaux de consommation. En outre, les valeurs obtenues en saison pluvieuse ont été supérieures à celles de la saison sèche et cela témoigne d'un risque élevé de pollution due aux activités anthropiques sur ce bassin versant de la Tshuenge. Il importe donc que les pouvoirs publics s'impliquent dans la gestion intégrale de ce cours d'eau. Ceci peut se traduire par une sensibilisation de la population riveraine sur l'arrêt de déversement des ordures de toute nature, sur la mise en œuvre d'un programme de monitoring et de maintien de la qualité de cette rivière et enfin, la mise en œuvre d'une réglementation corrective vis-à-vis des récalcitrants.

CONFLIT D'INTERETS,

Les auteurs de cet article déclarent n'avoir pas de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

DBKMS : Planification de l'expérience, analyse des données récoltées et correction finale du rapport. PLN et BNKM : Enquête auprès des utilisateurs des eaux de la rivière Tshuengé, Récolte, analyses des échantillons d'eau et rédaction du rapport.

REFERENCES

- Abboudi A, Tabyaoui H, Hamichi EF, Benaabidate I, Lahrach A. 2014. Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, **10**(23): 84 – 94.
- Agblonon HTM, Adandedjan D, Chikou A, Imorou TI, Youssao I, Laleye P. 2017. Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin. *Afrique SCIENCE*, **13**(4): 35 – 49.
- Aguiza AE, Ombolo A, Ngassoum MB, et Mbawala A. 2014. Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des cours d'eau de Ngaoundéré, au Cameroun. *Afrique SCIENCE*, **10**(4): 135-145.
- Akatumbila L, Mabilia M, Lubini A, Pwema K, Musibono E. 2016. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau : cas de la rivière urbaine Gombe de Kinshasa/République Démocratique du Congo. *Larhyss Journal*, **26**(1): 7-29.
- ANAPI-RDC. 2021. Investir dans le secteur de l'eau. Cahier Sectoriel de l'Agence Nationale des Investissement de la RDC, 80 p.
- Bangala MDB, Kanyanga MP, Ngombe KN, Masimango NT. 2015. Nécessité d'une gestion des résidus agricoles et agro-industriels à Kinshasa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(4): 2234-2248. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i4.41>
- Ble LO, Kouassi AE, Adro JE, Degny S. 2022. Etat de pollution des eaux de la rivière Kan, après la crise militaro-politique de 2010 en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(2): 878-890. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.29>
- Chatterji C, Raziuddin M. 2002. Determination of water quality index of a degraded river in Asanol Industrial area, Raniganj, Burdwan, West Bengal. *Nature, Environment and Pollution Technology*, **1**(2): 181-189.
- Coulibaly K. 2005. Etude de la qualité physico-chimique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bamako, Bamako, p. 69.
- Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghiti D. 2010. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *Larhyss Journal*, **8**: 101-112.
- Falanga NZ, Biey M, Musibono E. 2018. Caractérisation de quelques polluants chimiques et bactériologiques des rivières Mokali et Tshuenge à Kinshasa (République Démocratique du Congo). *IJIAS*, **24**(4): 1638-1644.
- Gbohaida V, Agbangnan P, Ngossanga MB, Medoatinsa E. 2016. Etude de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans deux localités du Benin : Cotonou et Dassa-Zoumé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(1): 422-434. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.32>
- Hammami J, Brahim M, Gueddari M. 2005. Essai d'évaluation de la qualité des eaux de ruissellement du bassin versant de la lagune de Bizerte. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer*, **32**: 69-77.
- Kalonga KR, Mubiala KM, Sifa KM. 2023. Effet d'un traitement couplant la coagulation-floculation par la poudre des graines de *Moringa oleifera* Lam. et la filtration sur sable fin associé au charbon de bois sur la purification des eaux de la rivière Kalamu à Kinshasa. *IJISR*, **66**(1): 122-131.
- Kawaya JM, Otamonga JP, Ngelinkoto P, Kabatusuila P, Mubedi IJ. 2017. Caractérisation Physico-Chimique De L'eau De La rivière Lukunga dans la ville de Kinshasa (RD CONGO). *Larhyss Journal*, **29**: 121-136.
- Khaoula B, Laifa A. 2020. Evaluation de la pollution azotée minérale des eaux superficielles de la zone humide Ramsar du lac Fetzara (Nord-Est algérien). *Revue*

- des Sciences de l'Eau, **32**(4): 409-419. DOI : <https://doi.org/10.7202/1069574ar>
- Mahamane A, Guel B. 2015. Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 517-533. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.44>
- Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Van Clooster M. 2011. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *Larhyss Journal*, **9**: 149-169.
- Merhabi F, Amine H, Halwani J. 2019. Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha. *Lebanese Science Journal*, **20**(1): 10-34. DOI : <http://dx.doi.org/10.22453/LSJ-020.1.010-034>
- Moussa AB, Chahlaoui A, et Rour H. 2012. Évaluation de la pollution physico-chimique des eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(6): 7096-7111. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.44>
- Mukwita NJ, Tshijik KJC, Mutambel HDSN, Mbungu SE, Kipimbye LJ. 2023. Détermination de la qualité physique et chimique et analyse des micropolluants des eaux de la rivière Lukunga à Kinshasa/RD Congo. *IJPSAT*, **36**(2): 243-252.
- Mulaji C, Disa-Disa P, Kibal I, Culot M. 2016. Diagnostic de l'état agropédologique des sols acides de la province de Kinshasa en République Démocratique du Congo (RDC). *C.R. Chimie*, **19**: 820-826. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2015.08.010>
- OMS. 2017. *Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson* (4^e éd.). Intégrant le premier additif. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse, 2017.
- Pwema K. 2014. Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces de *Labeo Cuvier*, 1817 dans les milieux lenticules et des rapides au Pool Malebo dans le fleuve Congo. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa.
- Sener S, Sener E, Davraz A. 2017. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SWTurkey). *Science of the Total Environment*, **584**: 131-144. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.102
- Soumaïla SI, Adamou MM, Illa S, Issoufou IA. 2022. Évaluation temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Niger à Niamey. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **39**: 364-375.
- Tohouiri P, Adja GM, Soro G. 2017. Qualité physico-chimique en saison pluvieuse des eaux de surface de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *IJIAS*, **20**(1): 28-41.
- Tshibanda JB, Devarajan N, Niane B, Mwanamoki PM, Atibu EK, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Kabele CG, Wildi W, Poté J. 2014. Microbiological and physico chemical characterization of water and sediment of an urban river: N'Djili River, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, **3**(4): 47-54. DOI: 10.1016/j.swaqe.2014.07.001
- Wanga BM, Musibono DE, Mpiana PT, Mafuana L, Kiza NJ, Diana. 2015. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Kalamu de Boma, RD Congo. *CONGO SCIENCES*, **3**(1): 55-62.
- Yidana SM, Yidana A. 2009. Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis. *Environnemental Earth Sciences*, **59**(7): 1461-1473. DOI: 10.1007/s12665-009-0132-3
- Yongendra K, Puttaiah ET. 2008. Determiation of water quality index of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka. In *Proceedings of Taa 12007: The 12th Lake Conference*, Sengupta M, Dalwani R (Eds); 342-346.