

Evaluation de la qualité Microbiologique de eaux de Puits et Forages dans la commune Makiso, Kisangani (RDC)

Moussa Issoufou Djibo

Mastérand, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi), département de Chimie Analytique Appliquée à la Technologie de déchets, Kisangani, RD Congo

Zoé-Arthur Kazadi Malumba

Professeur Ordinaire, Université de Kisangani (UNIKIS), département des Sciences Biotechnologiques, RD Congo

Joseph Saile Isaka

Professeur, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi), Kisangani, RD Congo

Pascaline Likango Lutha

Laboratoire de Chimie et Industries agricoles, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi), Kisangani, RD Congo

Benjamin Dowiya Nzawe

Professeur Ordinaire, Laboratoire de Génétique et Amélioration des Plantes (LGAP), Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi), Kisangani, RD Congo

Approved: 14 May 2026

Posted: 16 May 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Issoufou Djibo, M., Kazadi Malumba, Z-A., Saile Isaka, J., Likango Lutha, P., & Dowiya Nzawe, B. (2026). *Evaluation de la qualité Microbiologique de eaux de Puits et Forages dans la commune Makiso, Kisangani (RDC)*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.5.2026.p527>

Résumé

Dans la commune de Makiso Kisangani, les eaux de puits et forages sont largement utilisées pour satisfaire les besoins en eau de consommation. L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité microbiologique ces eaux (puits et forages). Un total de cinq puits et cinq forages ont été identifiés et caractérisés au cours de trois campagnes de prélèvement réalisées en saison pluvieuse, pour un total de trente (30) échantillons. La caractérisation a porté sur la recherche de : coliformes totaux, coliformes fécaux, Escherichia coli, les streptocoques fécaux, les Salmonelles Shigella et les germes totaux en

utilisant la méthode d'ensemencement techniques enrobage. Les résultats obtenus ont montré une absence total d'Escherichia coli et Streptocoques fécaux (100% conformes au valeur guide de OMS) dans les trente échantillons analysés, et une présence significatives des germes totaux (0% de conformité dans les puits et forages), des coliformes totaux qui sont presque présent dans tous les échantillons (13.33% de conformité) et la présence intermédiaire de coliformes fécaux (40 à 66.66% de conformité) et de salmonelles shigella (ss) à faible concentration dans certaines échantillons analysés (73.33% de conformité dans les puits et 93.33% dans les forages). Malgré la conformité des certains bactéries (E. coli et SF), ces eaux sont impropres à la consommation humaine et doivent subir quelques traitements préliminaires comme chauffages avant d'être utilisés s'avère indispensable pour garantir la sécurité sanitaire des consommateurs.

Mots clés : Evaluation ; qualité microbiologique ; Eau ; Puits ; Forages ; Makiso ; Kisangani

Assessment of Microbiological Quality of Well an Borehole Water in Makiso Municipality, Kisangani (DRC)

Moussa Issoufou Djibo

Master, Faculty Institute of Agronomic Sciences of Yangambi (IFA-Yangambi), Department of Analytical Chemistry Applied to Waste Technology, Kisangani, DR Congo

Zoé-Arthur Kazadi Malumba

Ordinary Professor, University of Kisangani (UNIKIS),
Department of Biotechnological Sciences, DR Congo

Joseph Saile Isaka

Professor, Faculty Institute of Agronomic Sciences of Yangambi (IFA-Yangambi), Kisangani, DR Congo

Pascaline Likango Lutha

Laboratory of Chemistry and Agricultural Industries, Faculty Institute of Agronomic Sciences of Yangambi (IFA-Yangambi), Kisangani, DR Congo

Benjamin Dowiya Nzawe

Ordinary Professor, Laboratory of Genetics and Plant Improvement (LGAP),
Faculty Institute of Agronomic Sciences of Yangambi (IFA-Yangambi),
Kisangani, DR Congo

Abstract

In the commune of Makiso Kisangani, water from wells and boreholes is widely used to meet drinking water needs. The objective of this

study is to evaluate the microbiological quality of this water (wells and boreholes). A total of five wells and five boreholes were identified and characterized during three sampling campaigns carried out in the rainy season, for a total of thirty (30) samples. The characterization focused on the search for: total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli*, fecal streptococci, *Salmonella Shigella* and total germs using the seeding method coating techniques. The results obtained showed a total absence of *Escherichia coli* and fecal *Streptococci* (100% compliant with the WHO guideline value) in the thirty samples analyzed, and a significant presence of total germs (0% compliance in wells and boreholes), coliform rates which are almost present in all samples (13.33% compliance) and the intermediate presence of fecal coliforms (40 to 66.66% compliance) and *salmonella shigella* (ss) at low concentration in certain samples analyzed (73.33% compliance in the wells and 93.33% in the drilling). Despite the conformity of certain bacteria (*E. coli* and SF), this water is unfit for human consumption and must undergo some preliminary treatments such as heating before being used, which is essential to guarantee the health safety of consumers.

Keywords: Evaluation; microbiological quality; Water ; Well; Drilling; Makiso; Kisangani

Introduction

La qualité de l'eau potable représente un enjeu sanitaire critique, particulièrement dans les régions où les populations dépendent de sources non contrôlées (Sing et al., 2019 ; Tachoumou et al., 2023). Bien que l'eau soit indispensable à la vie, sa contamination demeure une cause majeure de morbidité et de mortalité à l'échelle mondiale (Nathan et al., 2025). Les données épidémiologiques indiquent qu'environ 2,6 millions de décès annuels sont attribuables à la consommation d'eau insalubre, principalement en raison de contaminations d'origine fécale. Ce problème est exacerbé dans les contextes où les infrastructures d'approvisionnement et d'assainissement sont défaillantes (OMS, 2023 ; SI, 2025). En Afrique subsaharienne, plus de 400 millions de personnes n'ont pas accès à une eau de boisson gérée de manière sûre (UNICEF, 2022). La République Démocratique du Congo (RDC), malgré son importante potentialité hydrique, illustre ce paradoxe. Le pays enregistre en effet l'un des taux d'accès les plus bas au monde à l'eau potable et à l'assainissement (Carbonnelle et al., 1987 ; Zeufack et al., 2024). Cette situation contraint une large partie de la population à s'approvisionner auprès de sources alternatives, comme les puits et les forages, dont la qualité microbiologique est rarement surveillée.

Dans la ville de Kisangani, chef-lieu de la province de la Tshopo, les coupures fréquentes du réseau de distribution d'eau potable dans la commune de Makiso obligent les habitants à recourir massivement aux eaux souterraines. L'utilisation croissante de ces points d'eau s'accompagne d'une augmentation de maladies diarrhéiques, soulignant l'urgence d'évaluer leur qualité bactériologique. Si quelques études ont documenté la contamination des eaux de surface en RDC, les données sur la qualité microbiologique des eaux souterraines à Kisangani, et particulièrement sur leur variabilité temporelle pendant la saison pluvieuse, restent très fragmentaires.

La présente étude a donc pour objectif d'évaluer la qualité microbiologique des eaux de puits et de forages utilisées pour la consommation dans la commune de Makiso à Kisangani. Plus spécifiquement, nous avons déterminé les concentrations en indicateurs de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux) et recherché la présence de *Salmonella* et *Shigella* (SS) dans dix points d'eau (puits et forages), suivis sur trois campagnes d'échantillonnage pendant la période de cette étude. En comparant systématiquement les deux types de points d'eau, ce travail vise à fournir des données scientifiques utiles pour la gestion locale des ressources en eau et la protection de la santé publique.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

La ville de Kisangani chef-lieu de la province de Tshopo est située au Nord-Est de la République Démocratique du Congo, elle s'étend sur une superficie de 1910 Km² et elle compte environs 853.616 habitants (UN-Habitat, 2026). Elle est divisée en six (6) communes urbaines : Makiso, Kisangani, Tshopo, Mangobo, Kabondo et Lubunga (ACF, 2009).

La présente étude se réaliser dans la commune Makiso (Figure 1).

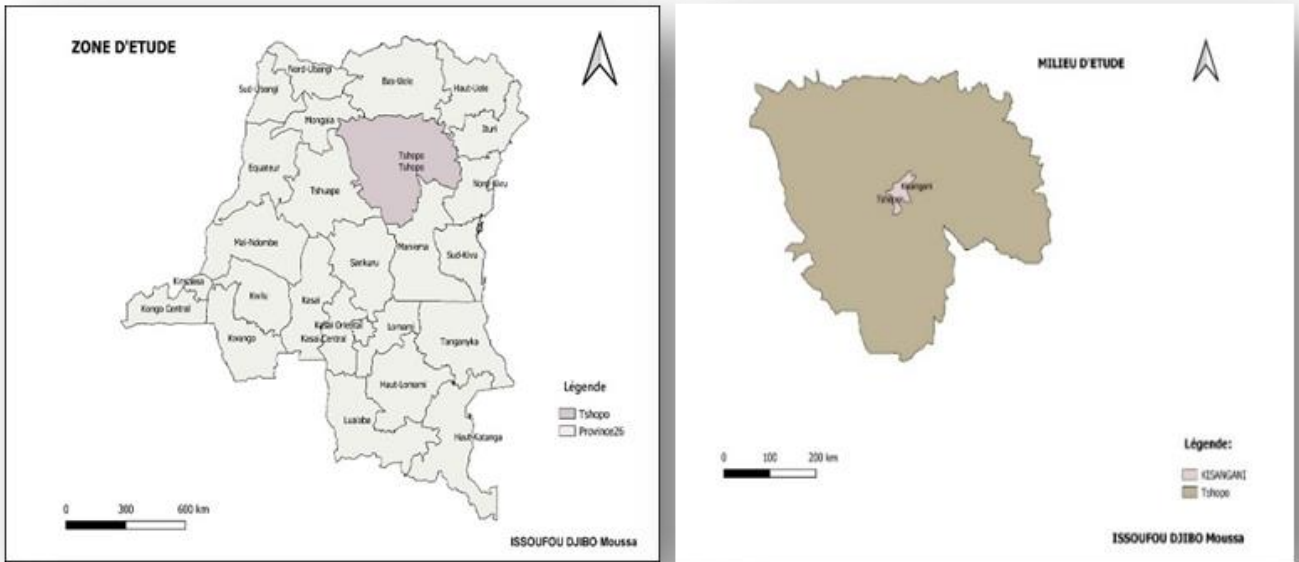


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Dans la commune de Makiso, les ouvrages d'approvisionnement en eau souterraine de nos échantillons sont de deux types : des puits traditionnels et des forages. Les puits, creusés localement avec de matériel basique, présentent souvent des dispositifs de protection insuffisants. Les forages sont généralement mieux aménagés, avec un tubage et système de captage, semblent moins exposés aux contaminations environnementales.

Méthodes d'enquêtes

La collecte des données a été réalisée auprès des résidents utilisant les eaux de puits et forages comme source d'approvisionnement. Une enquête par questionnaire, complétée par des observations directes sur le terrain, a permis d'identifier et caractériser précisément chacun des sites de prélèvement.

Collecte des échantillons :

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons stériles de 300 ml, tôt le matin (entre 7 heures à 14 heures) pour limiter l'influence des variations journalières. Ils sont conservés dans une glacière contenant de glaçon comme décrit par RODIER (Rodier et al., 2009) à 4 °C jusqu'au laboratoire de microbiologie de la Faculté de Sciences à l'Université de Kisangani (UNIKIS) pour être analysés. Trois (3) campagnes ont été réalisées en novembre 2025, pendant la saison pluvieuse.

Méthodes d'analyses microbiologiques :

Les analyses ont été menées en utilisant la méthode techniques d'ensemencement enrobages (**ISO 8199, 1988**). La méthode consiste à introduire un (1) ml d'inoculum (échantillon) dans une boîte de pétri puis coulé le milieu de culture en surfusion (liquide) par-dessus tout en homogénéisant et on laisse solidifier avant d'incubée dans l'étuve à température appropriée après solidification. Les tableau 1 résume les méthodes utilisées.

Tableau 1 : Méthodes d'analyses microbiologiques

Paramètres	Méthode	Milieux de culture utilisés	Références (normes/auteurs)
Coliformes totaux	Méthode technique par ensemencement enrobage	E.M.B. LEVINE AGAR (Eosin Methylene Blue) incubé à 44°C, 24 h	NF ISO 9308-2 NF ISO 9308-1
Escherichia coli			
Coliformes fécaux	Méthode technique par ensemencement enrobage	E.M.B.LEVINE AGAR incubé à 37°C, 24h	(Delarras, 2007 ; Rodier et al 2009)
Streptocoques fécaux (ou Entérocoques)	Méthode technique par ensemencement enrobage	Gélose Slanetz & Bartley Agar, incubé à 37°C, 48 h	NF ISO 7899/2-1984 (F)
Salmonella Shigella (SS)	Enrichissement sélectif (pré-enrichissement en bouillon (BK) et isolement sur milieu solide (XLD-Agar))	XLD AGAR à 37°C puis milieu enrichie MULLER-KAUFFMANN TETRATHIONATE BROTH BASE	NF ISO 19250,2010 ISO 6579-1
Germes totaux	Méthode technique par ensemencement enrobage	PLATE COUNT AGAR (PCA) à 37°C	AFNOR NF T90-414 ISO 9001 : 2015 ISO 11133 : 2014

Les données collectées ont été soumis aux analyses statistiques descriptives et au teste student à l'aide de logiciel Excel 2016.

Résultat

Paramètres de vulnérabilité

Cette étape a consisté à relever les facteurs de risque environnementaux, les données aident à comprendre l'exploitation des eaux aux sources de pollution fécale dans le contexte local (Tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques des points d'eau analysés et facteurs de risque environnementaux

N°	Point d'eau	Type	Latrine à proximité	Distance latrine (m)	Position latrine	Clôture	Couvercle	Mode d'exhaure	Etat environnement	Accès
1	CUKIS	F	Oui	6	Est	Non	-	Pompe	Un peu propre	Libre
2	Faculté de Sciences	F	Non	-	-	Oui	-	Pompe	Propre	Limitée
3	Lycée Anuarite	F	Non	-	-	Non	-	Pompe manuelle	Très propre	Limitée
4	Météo	F	Oui	15	Ouest	Oui	-	Pompe	Peu propre	Facile
5	Motumbé	F	Oui	27	Nord	Oui	-	Pompe	Sec	Assez facile
6	3 ^{ème} Cabine	P	Oui	11	Sud	Oui	Oui	Seau	Peu propre	Facile
7	Av. Bolembe	P	Oui	21.9	Est	Non	Non	Seau	Peu propre	Facile
8	Av. Bumba	P	Oui	23.8	Ouest	Oui	Oui	Seau	Propre	Facile
9	Av. Lokinda	P	Non	-	-	Oui	Oui	Seau	Propre	Facile
10	Av. Kiwele	P	Oui	10	Sud	Oui	Oui	Seau	Propre	Facile

Légende :

Type : F = Forage ; P = Puits

Position latrine : position relative au point d'eau ; Av : Avenu

Le Tableau 2 montre que la proximité des latrines (< 30 m) pour la majorité des points, constitue un facteur de risque majeur de contamination fécale, particulièrement durant la saison pluvieuse. L'absence de couvercle sur 60% des ouvrages facilite l'introduction directe de polluants. Bien que 70% des points soient clôtures, cet aménagement semble insuffisant pour prévenir la contamination lorsque les latrines sont très proches.

Résultats d'analyses microbiologique

Les teneurs en bactéries indicatrices mesurées dans des eaux puits et des forages de la commune Makiso sont rapportées dans les Tableaux 3, 4 et 5.

Le Tableau 3 détaille, pour chacun des cinq puits, l'étendue (valeur minimale-maximale) et la concentration moyenne des indicateurs bactériens, exprimées en UFC/ml. Le tableau 4 présente les mêmes données pour les cinq forages.

Tableau 3 : Résultats des analyses microbiologiques des eaux de puits

Paramètres déterminées	Concentrations isolées par points d'eau analysés (UFC/100ml) : Puits										Normes OMS UFC/100ml	% CFM
	3 ^e Cabine		Av. Bolombe		Av. Bumba		Av. Lokinda		Av. Kiwele			
	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy		
Coliformes totaux	100 - 1400	866,66	0 - 300	200	0 - 100	66,66	100 - 1900	800	200 - 4400	1766,66	0	13,33%
Escherichia Coli	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0	100%
Coliformes fécaux	100 - 400	200	0 - 100	33,33	0 - 0	0	0 - 200	100	100 - 1200	566,66	0	40%
Streptocoques fécaux	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0	100%
Salmonella Shigella (SS)	0 - 100	33,33	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	100 - 800	500	0	73,33%
Germes totaux	5400 - 8300	7266,66	7600 - 21000	12833,33	3100 - 4100	3666,66	2500 - 5500	4266,66	6900 - 11400	9500	≤ 100 UFC/ml	0%

Légende :

%CFM : pourcentage de conformité

Moy : moyenne

Tableaux 4 : Résultats des analyses microbiologiques des eaux de Forages

Paramètres déterminées	Concentrations isolées par points d'eau (UFC/100ml) : Forages										Normes OMS UFC/100ml	% CFM
	CUKIS		Faculté de sciences		Lycée Anuarite		Météo		Motumbe			
	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy	Min-Max	Moy		
Coliformes totaux	100 - 400	200	1500 - 4200	3000	0 - 19600	7533,33	100 - 200	166,66	0 - 1200	600	0	13%
Escherichia Coli	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0	100%
Coliformes fécaux	0 - 200	100	0 - 0	0	0 - 500	166,66	0 - 100	33,33	0 - 500	166,66	0	66,66%
Streptocoques fécaux	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0	100%
Salmonella Shigella (SS)	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 0	0	0 - 300	100	0	93,33%
Germes totaux	2500 6400	4033,33	5200 6000	5533,3	4900 30000	21633,33	2800 7700	4800	4000	5033,33	≤ 100 UFC/ml	0%

Légende :

%CFM : pourcentage de conformité

Moy : moyenne

Le Tableau 5 propose une synthèse comparative entre les deux types d'ouvrages ; il indique pour chaque paramètre la moyenne, la variabilité (écart-type) et la significativité de la différence entre les eaux de puits et forages (t-test, seuil $p < 0.05$). La dernière colonne de chaque tableau rappelle la norme correspondante de l'OMS.

Tableau 5 : Synthèse et compare statistiquement les deux types d'ouvrages

Paramètres déterminées	Eau de Puits			Eau de Forage			p-value	Différence	Normes OMS UFC/100ml
	Min	Max	Moy ± ET	Min	Max	Moy ± ET			
Coliformes totaux UFC/ml	0	4400	740 ± 1159.92	0	19600	2300 ± 4976,06	0,2548	NS	0
Escherichia Coli UFC/ml	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	—	0
Coliformes fécaux UFC/ml	0	1200	180 ± 312.13	0	500	93,33 ± 175,12	0,3584	NS	0
Streptocoques fécaux UFC/ml	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	—	0
Salmonella Shigella (SS) UFC/ml	0	800	106,66 ± 246.3	0	300	20 ± 77,45	0,2112	NS	0
Germes totaux UFC/ml	2500	21000	7506,66 ± 4607.36	2500	30000	8206,66 ± 8957,87	0,79	NS	≤ 100 UFC/ml

NS :non significative

Discussion de résultats

Les résultats d'analyse bactériologique des eaux de puits et de forages destinées à la consommation humaine prélevées dans les quartiers de la commune Makiso à Kisangani montrent une absence totale d'Escherichia coli dans les 30 échantillons analysés. Ce constat est encourageant, car E. coli est l'indicateur de référence de contamination fécale récente selon WHO (WHO, 2017). Sa présence dans l'eau de boisson signale un risque immédiat de maladies diarrhéiques. Pourtant, la détection régulière de coliformes fécaux dans 60% des puits et 33.34% des forages indique une exposition à des matières fécales, même si celle-ci n'est pas récente. Cette dissociation, absence d'E. coli mais présence de coliformes fécaux a été documentée dans d'autres contextes où la contamination est ancienne ou d'origine animale (Barthe et al., 1998 ; WHO, 2000). À Makiso, cela pourrait s'expliquer par l'infiltration progressive des bactéries dans le sol ou par une source de contamination non humaine.

La détection de Salmonella ou Shigella (26.7% dans les puits, 6,67% dans les forages) constitue le point le plus préoccupant. Ces pathogènes, responsables de fièvres typhoïdes et de shigelloses (Hounsounou et al., 2018 ; WHO, 2005). Leur présence, même à de faibles concentrations, représente donc un risque sanitaire substantiel. Le fait qu'ils soient détectés de manière intermittente (par exemple, absents dans l'eau de forage à la Clinique Universitaire de Kisangani (CUKIS) mais présents dans l'eau de forage à Motumbé suggère une contamination "événementielle", potentiellement liée aux précipitations. Des études en Afrique subsaharienne ont montré que les épisodes pluvieux favorisent le lessivage des pathogènes vers les nappes phréatiques (Kapembo et al., 2023). À Makiso, cette dynamique pourrait être accentuée par la proximité des latrines (80% des points sont à moins de 30 m) et l'absence de couvercle sur tous les forages.

Contre toute attente, notre analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre puits et forages pour l'ensemble des paramètres microbiologiques ($p > 0,05$). Ce résultat rejoint les conclusions d'une étude menée à Togo (Lomé) qui n'avait pas trouvé de supériorité systématique des forages peu profonds sur les puits traditionnels (Soncy et al., 2015). À Makiso, cette similarité s'explique probablement par des facteurs locaux communs aux deux types d'ouvrages :

- Proximité des latrines : Huit points sur dix sont situés à moins de 30 m d'une latrine, une distance inférieure aux 50 m recommandés par l'OMS pour les zones à sol perméable (WHO, 2007). Le point CUKIS avec un forage à 6 m d'une latrine, pourrait expliquer sa contamination en coliformes.
- Absence de protection physique : Aucun forage n'est équipé d'un couvercle, les exposant directement aux ruissellements et aux débris. À l'inverse, quatre des cinq puits en possèdent un, ce qui pourrait partiellement les protéger.
- Mode d'exhaure : Tous les forages ont une pompe, réduisant le risque de contamination lors du prélèvement. Les puits, utilisant majoritairement un seau, sont plus vulnérables à l'introduction de bactéries lors du puisage.

Ces observations suggèrent que la qualité de l'eau dépend moins du type d'ouvrage (puits ou forage) que de son environnement immédiat et de son entretien. Comme le soulignent des travaux en France, l'amélioration de la qualité passe davantage par des mesures simples (couvercles, clôtures, éloignement des latrines) que par le choix d'une technologie plus sophistiquée (Lamotte et al., 2003 ; Wikiwater, 2025).

Les concentrations en germes totaux sont systématiquement élevées, dépassant souvent 7 000 UFC/100 ml. Bien que ce paramètre soit avant tout

un indicateur esthétique (goût, odeur) selon l'OMS (WHO, 2017), il reflète une forte présence de matière organique dans l'eau. À Makiso, cette charge pourrait être liée à la nature du sol, à la proximité d'activités humaines ou à la stagnation de l'eau dans les ouvrages non couverts. Ces niveaux, bien qu'inférieurs aux limites sanitaires si on les considère en UFC/ml, signalent un environnement général favorable au développement microbien.

Les résultats ont plusieurs implications concrètes pour Makiso. D'abord, ils soulignent que la construction de nouveaux forages, sans mesures de protection associées, ne réglera pas à elle seule les problèmes de qualité de l'eau. Ensuite, ils identifient des points prioritaires d'intervention : les ouvrages sans couvercle (tous les forages), ceux très proches des latrines (CUKIS, Av. Kiwele, 3ème Cabine) et ceux décrits comme "peu propres" (Météo, Av. Bolembe, 3ème Cabine). Enfin, la détection intermittente de Salmonella/Shigella plaide en faveur du traitement systématique de l'eau à domicile, par ébullition ou désinfection, surtout pendant et après les épisodes pluvieux.

Conclusion et suggestions

L'étude a révélé la qualité sanitaire (microbiologique) des eaux de puits et forages à Makiso. L'absence totale d'*Escherichia coli* (100% de conformité) constitue un point positif, les autres indicateurs montrent des défaillances importantes.

Le taux de conformité des coliformes totaux est particulièrement bas (13-13,3%), indiquant une contamination organique généralisée. Les coliformes fécaux présentent une conformité insuffisante (40% pour les puits, 66,7% pour les forages), signalant une exposition à des matières fécales. Le paramètre le plus critique est celui des germes totaux, avec 0% de conformité dans les deux types d'ouvrages, reflétant une charge microbienne globale très élevée.

Contrairement aux attentes, les forages ne montrent pas une supériorité systématique sur les puits. Si leur conformité est légèrement meilleure pour les coliformes fécaux et *Salmonella/Shigella*, elle reste insuffisante. Cette similarité entre les deux types d'ouvrages suggère que des facteurs environnementaux communs, comme la proximité des latrines et l'absence de protection physique influencent davantage la qualité de l'eau que la nature de l'ouvrage lui-même.

La variabilité observée entre les points (par exemple, entre le puits Av. Bumba relativement moins contaminé et le forage Lycée Anuarite très contaminé) souligne l'importance des conditions locales spécifiques à chaque site.

Plusieurs actions pourraient être engagées pour renforcer la sécurité sanitaire des eaux de puits et forages à Makiso. En priorité, il conviendrait de

concentrer les efforts sur les points d'eau présentant les plus fortes contaminations, notamment en coliformes totaux et fécaux. Une mesure simple et rapide consisterait à équiper tous les forages, actuellement dépourvus de couvercle, d'une protection étanche, tout en vérifiant et améliorant celles déjà présentes sur les puits.

Un suivi régulier des paramètres les plus critiques – coliformes totaux et germes totaux permettrait de mieux comprendre l'évolution de la contamination. La création d'une carte des risques, classant les points d'eau selon leur niveau de conformité, offrirait un outil précieux pour orienter les interventions sur le terrain.

Des approches adaptées à chaque type d'ouvrage pourraient être mises en œuvre. Pour les puits, l'accent pourrait être mis sur l'assainissement des abords afin d'améliorer le taux de conformité pour les coliformes fécaux. Pour les forages, une meilleure protection de la tête de forage pourrait réduire la contamination en coliformes totaux.

Sensibiliser les usagers est tout aussi important. Il serait utile d'expliquer clairement que l'absence d'E. coli, bien que rassurante, ne signifie pas que l'eau est exempte de tout risque. Des démonstrations sur les gestes d'hygiène à adopter lors du puisage, en particulier pour les puits utilisant un seau, pourraient limiter l'introduction de contaminants.

Enfin, des études complémentaires permettraient de cerner pourquoi certains points, comme celui de la Faculté des Sciences, obtiennent de meilleurs résultats dans un contexte similaire. Évaluer l'efficacité des mesures mises en place sur l'évolution des taux de conformité serait également très instructif pour ajuster les actions futures.

Ces pistes d'action, si elles sont suivies, devraient contribuer à une utilisation plus sûre des eaux souterraines à Makiso, en ciblant les besoins les plus urgents et en optimisant les moyens disponibles.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Ces travaux ont été soutenus par le programme de mobilité académique INTERACT-Africa, cofinance par l'Union européenne dans le cadre du projet « Mobilité dans les technologies vertes innovantes pour l'atténuation du changement climatique et la bio-économie durable » (Projet INTERACT-Africa-101144299).

References:

1. Action contre la Faim (ACF). (2009). Évaluation eau, assainissement et hygiène à Kisangani. <https://reliefweb.int/report/democratic-republic-congo/évaluation-eau-assainissement-et-hygiène-ville-de-kisangani>
2. Barthe, C., Perron, J., & Perron, J. M. R. (1998). Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques de l'eau potable
3. Carboneille, F. Denis, A. Marmonier, G. Pinon and R. Vargues. (1987). Bactériologie médicale : techniques usuelles.
4. Delararras, C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Editions TEC & DOC.
5. Hounsounou, E. O., et al. (2018). Contamination des eaux de puits par les Salmonelles. <https://doi.org/10.19044/esi.2018.v14n6p252>
6. International Organization for Standardization. (1988). ISO 8199: Water quality - Enumeration of microorganisms.
7. Kapembo, M., et al. (2023). Qualité des eaux souterraines à Kinshasa. <https://www.doi.org/10.59189/crsh102240>
8. Lamotte, C., & Bonhomme, B. (2003). Contrôle et fermeture des puits et forages. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-52353-FR.pdf>
9. Nathan, I., Wafi, W. F., & Alain, B. E. (2025). Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines non aménagées à Kisangani. Journal of Advance Research in Food, Agriculture and Environment Science, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.61841/58p8yj46>
10. Organisation mondial de la santé. (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson. www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/
11. Organisation mondiale de la santé. (2023) : Eau potable. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
12. Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). L'analyse de l'eau (9e éd.).
13. Singa, N. I., Mendo, F. W., Kasongo, E., Tshinkobo, K., Baswengola, M., & Malumba, Z. K. (2019). Analyse physico-chimique et microbiologique des eaux de la rivière Lindi et son impact à Kisangani. IJRDO Journal of Applied Science, 5(2), 63–80. <https://doi.org/10.53555/as.v5i2.2680>
14. Solidarités International (SI). (Consulté le 16 décembre 2025). Journée mondiale de l'eau. <https://www.solidarites.org/fr/presse/journee-mondiale-de-leau-26-millions-de-personnes-meurent-annee-maladies-liees-a-leau-insalubre/>
15. Soncy, K., et al. (2015). Évaluation de la qualité bactériologique des eaux à Lomé. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v9i1i1.6>

16. Tchoumou, M., Louzayadio Mvouezolo, R. F., Malera Kombo, M. A., Moussoki Nsona, P., & Ouamba, J. M. (2023). Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de puits à Brazzaville. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p588>
17. UN-Habitat. (Consulté le 18 Avril 2026). Rapport ville de Kisangani. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-file/RAPPORT%20%20VILLE%20KISANGANI.pdf>
18. UNICEF. (2022). Rapport sur l'eau, l'assainissement et l'hygiène en Afrique. <https://www.unicef.org>
19. Wikiwater. (Consulté le 25 décembre 2025). Importance et maintenance des puits et forages. <HTTPS://WIKIWATER.FR/E32-L-IMPORTANCE-ET-LES-MOYENS-DE>
20. World Health Organization. (2005). Guidelines for the control of shigellosis. <https://www.who.int/fr/publications/i/item/9241592330>
21. World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.).
22. Zeufack, A., & Jha, S. K. (2024). Water sector challenges in DRC. <https://blogs.worldbank.org/fr/african/drc-water-sector-taking-stock-challenges-leads-to-new-solutions-afe-0624>