

Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la cité de Bulungu, Kwilu, en République Démocratique du Congo

Physicochemical and Bacteriological Analysis of Drinking Water in the Town of Bulungu, Kwilu Province, Democratic Republic of the Congo

Patrick NZODIA MAMPYA^{1,6,*}, Jérôme KASEREKA KASONGOMI², Hans MAROBO PONGO³, Victor PWEMA KIAMFU⁴, Nestor MANYAMA MARAMANDA⁵, Déogratias MUTAMBEL'HITY SN⁶

¹ Département de Biologie-chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Bulungu, BP. 01 Bulungu, RD Congo ;

² Institut Supérieur de Techniques Médicales de Kinshasa, BP 774, Kinshasa XI, RD Congo ;

³ Institut Supérieur Pédagogique du Sud Banga, BP. 11 Ilebo, RD Congo ;

⁴ Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, BP. 190. Kinshasa XI, RD Congo ;

⁵ Institut Supérieur Pédagogique du Sud Banga, BP. 11 Ilebo, RD Congo ;

⁶ Département de Biologie, Faculté des Sciences et Technologies, Université Pédagogique Nationale, BP. 8815 Kinshasa I, RD Congo.

RESUME:

L'eau destinée à la consommation humaine constitue un élément essentiel de la santé et du bien-être des populations. Afin d'évaluer la qualité des eaux de cinq sources utilisées pour la consommation humaine et de déterminer leur conformité par rapport aux normes internationales de potabilité (OMS) de manière à proposer les risques sanitaires potentiels associés à leur consommation, les échantillons d'eau étaient prélevés et acheminés aux laboratoires de recherche microbiologique de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa et au laboratoire de Physique des sols et d'Hydrologie du Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (CGEA /CREN-K) pour les analyses physicochimique (pH, température, oxygène dissous, conductivité, solides dissous totaux, turbidité, DCO, DBO5, cadmium, plomb, manganèse, fer et arsenic) et bactériologique. Les résultats obtenus montrent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) pour le pH, la conductivité électrique, les Solides Totaux Dissous (TDS), la DCO, nitrate, le chlorure, et le magnésium entre l'eau des sources échantillonnées. Par contre, pas de différence significative ($p > 0,05$) pour la température, l'oxygène dissous, la turbidité, la DBO5, les nitrites, l'ammonium, le phosphate et pour le calcium. De même il se dégage également une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les sources du point de vue bactériologique. La charge bactérienne révèle également une contamination microbiologique susceptible de compromettre la qualité sanitaire de ces eaux. Seul le point de captage de la REGIDESO a présenté une qualité microbiologique satisfaisante. Cette étude recommande le renforcement des mesures de protection des sources et la mise en place d'un contrôle régulier de la qualité des eaux destinées à la consommation.

Mots clés : Eau de sources, paramètres physico-chimiques, paramètres microbiologiques, bactérie, Bulungu, RD Congo

ABSTRACT :

Drinking water is essential for human health and well-being. In order to assess the quality of water from five sources used for human consumption and to determine their compliance with international drinking water standards (WHO) in order to propose the potential health risks associated with their consumption, water samples were taken and sent to the microbiological research laboratories of the Higher Institute of Medical Techniques of Kinshasa and to the Soil Physics and Hydrology Laboratory of the General Commission for Atomic Energy/Regional Center for Nuclear Studies of Kinshasa (CGEA /CREN-K) for physicochemical (pH, temperature, dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solids, turbidity, COD, BOD5, cadmium, lead, manganese, iron and arsenic) and bacteriological analyses. The results obtained show a statistically significant difference ($p < 0.05$) for pH, electrical conductivity, total Dissolved Solids (TDS), COD, nitrate, chloride, and magnesium between the water samples from the springs. However, no significant difference ($p > 0.05$) was found for temperature, dissolved oxygen, turbidity, BOD5, nitrites, ammonium, phosphate, or calcium. Similarly, a statistically significant difference ($p < 0.05$) was also observed between the springs from a bacteriological perspective. The bacterial load revealed microbiological contamination that could compromise the sanitary quality of this water. Only the REGIDESO intake point showed satisfactory microbiological quality. This study recommends strengthening source protection measures and implementing regular monitoring of drinking water quality.

Keywords: Spring water, physicochemical parameters, microbiological parameters, bacteria, Bulungu, Democratic Republic of Congo

***Adresse des Auteur(s)**

Patrick NZODIA MAMPYA, Département de Biologie-chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Bulungu, BP. 01 Bulungu & Département de Biologie, Faculté des Sciences et Technologies, Université Pédagogique Nationale, BP. 8815 Kinshasa I, RD Congo ;

E-mail : patricknzodiam@gmail.com

Tél : +243 810213197 ;

Jérôme KASEREKA KASONGOMI, Institut Supérieur de Techniques Médicales de Kinshasa, BP 774, Kinshasa XI, RD Congo ;

Hans MAROBO PONGO, Institut Supérieur Pédagogique du Sud Banga. BP. 11 Ilebo, RD Congo ;

Victor PWEMA KIAMFU, Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Faculté des Sciences et Technologies, BP. 190. Kinshasa XI, Université de Kinshasa, RD Congo ;

Nestor MANYAMA MARAMANDA, Institut Supérieur Pédagogique du Sud Banga, BP. 11 Ilebo, RD Congo ;

Déogratias MUTAMBEL'HITY SN, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Technologies, Université Pédagogique Nationale, BP. 8815 Kinshasa I, RD Congo.

I. INTRODUCTION

L'eau est essentielle pour la vie, cependant elle peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson (OMS, 2002).

Dans des conditions idéales, il serait possible de boire l'eau venant directement des sources souterraines ou l'eau des lacs et des rivières. Malheureusement, les rejets d'eau usée domestiques, l'épandage de fumiers et de lisiers, les installations septiques défectueuses, les déjections animales, la vétusté des tuyauteries et le manque de l'éducation mésologique vis-à-vis de l'environnement, peuvent entraîner des polluants chimiques, physiques et biologiques dans l'eau et la rendre impropre à la consommation (Balloy et al., 2020 ;

Kangudia et al., 2026). En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé (OMS, 2012 ; Muma wa Muma, 2021 ; Nzodia, 2010).

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et l'environnement nous concernent tous, celle-ci est prioritairement une exigence de santé public, cette qualité est appréciée à l'aide de paramètres physiques, chimiques et biologiques (Mavema, 2023).

En République Démocratique du Congo (RDC), dans de nombreux milieux urbains et semi-urbains, l'accès à une eau de qualité reste un défi en raison de l'insuffisance des infrastructures d'approvisionnement, de l'absence ou de l'irrégularité des traitements et des risques de contamination au cours du transport et du stockage (Kapembo et al, 2021). La cité de Bulungu, dans la province du Kwilu, n'échappe pas à cette problématique. Cette cité connaît une croissance démographique importante et une forte dépendance vis-à-vis des sources naturelles et des réseaux de distribution pour son approvisionnement en eau potable. Cependant, les données scientifiques récentes sur la qualité physicochimique et bactériologique de ces eaux restent limitées.

La position géographique, l'absence de traitement adéquat, la proximité des activités humaines et le manque d'infrastructures de protection des sources exposent cette eau à des risques de contamination.

L'évaluation de la qualité des eaux de consommation à travers des paramètres physico-chimiques et bactériologiques apparaît ainsi indispensable pour apprécier leur conformité aux exigences de potabilité et identifier d'éventuels risques pour la santé des consommateurs. C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude consacrée à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation utilisées par la population de la cité de Bulungu afin de déterminer leur conformité aux normes internationales de potabilité (OMS) et d'identifier des risques sanitaires potentiels associés à leur consommation.

Pour mener à bien cette étude, des échantillons d'eau ont été recueillis au moyen des flacons en verre, conservé dans des galons de 500 ml de capacité et transporté dans une glacière jusqu'au laboratoire pour analyse.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Milieu d'étude

Cette étude a été conduite dans la cité de Bulungu située dans le Territoire de Bulungu, province du Kwilu, en République

Démocratique du Congo (figure 1) couvrant les deux saisons de l'année, soit de Janvier au mois de Juin 2026.

Cette cité est limitée au Nord par le ruisseau Lubundji ; à l'Ouest, par le ruisseau Matalashi ; au Sud-ouest, par le ruisseau Kamikula en passant par la ferme de Monsieur Lupemba ; au Sud, la rive gauche du ruisseau Kamikula jusqu'à son confluent avec la rivière Matalashi, de la rive droite du ruisseau Matalashi jusqu'au potager de l'Agronome du Territoire ; et à l'Est, par le ruisseau Mudiadi jusqu'à son confluent avec la rivière Kwilu.

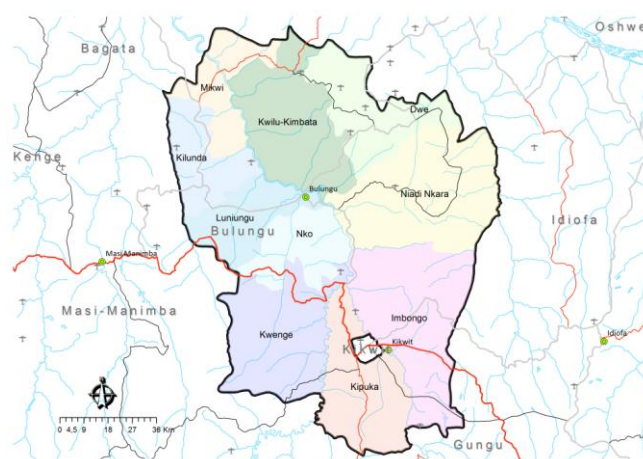


Figure 1. Carte administrative du territoire de Bulungu localisant la cité de Bulungu

II.2. Données climatiques

Selon Mboma (2020), la cité de Bulungu baigne dans un climat tropical chaud avec une alternance de deux saisons chaque année : la saison des pluies et la saison sèche, entrecoupées par une petite saison sèche entre Janvier et Février (du 15 Janvier au 15 Février). Ce climat tropical chaud et humide de type Aw4 suivant la classification de Koppen. Toutefois, compte tenu des mutations climatiques que connaît la région, ce système de classification nécessite une mise à jour. Les précipitations sont abondantes (1500 à 1700 mm par an) 1610mm pour la période de 1940-1945, mais qui diminuent au fil du temps à la suite de dégradation de 3saison sèche (période de froid), elle va de 16°C à 22°C.

Le sol de la région de Bulungu se rattache par sa nature et sa morphologie à celui du vaste ensemble du Kwango-Kwilu (Mboma, 2020).

II.3. Matériel biologique

Le matériel biologique de cette étude est constitué des microorganismes inventoriés dans les échantillons d'eau

analysés dans les cinq sources utilisées par la population dans la cité de Bulungu.

II.4. Identification des sites d'étude

Cinq sites d'étude situées entre 350 à 356 m.a.S.I d'altitude ont été choisis dans la cité de Bulungu à cause de leurs accessibilités et de la fréquentation de la population Il s'agit notamment de la source Matalashi située au quartier Tunzundu, la source Muwanda du quartier N'Selé, la source Mubolo, quartier Kialwe, la source Matadi dans le quartier Lubundji et le point de captage de la REGIDESO du quartier Ilunga.

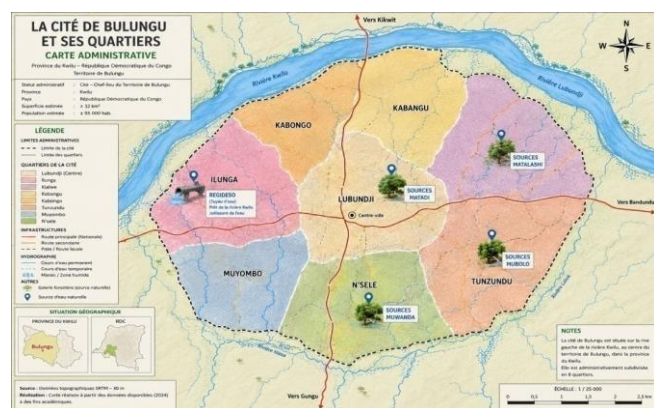


Figure 2. Cartographie des sites de prélèvement des échantillons d'eaux à Bulungu

II.5. Echantillonnage

Deux prélèvements des échantillons dont le choix des stations était basé sur la facilité d'accès et de prélèvement ont été effectués couvrant les deux saisons de l'année, soit de Janvier au mois de Juin 2026 au moyen d'un flacon en verre, conservé dans des galons en polyéthylène de 500ml de capacité et transportés dans une glacière réfrigérée conformément aux recommandations des normes ISO 5667-3 et AFNOR NF T90-023, afin de préserver leurs caractéristiques physicochimiques et microbiologiques jusqu'au laboratoire. La moyenne des données obtenues a été soumise à plusieurs analyses statistiques descriptives (fréquence, moyenne, écartype, etc.), comparatives (Test de Kruskal-Wallis) et effectuées à l'aide d'un logiciel Past version 4.03. Deux approches méthodologiques ont été retenues, une étude descriptive et analytique de type transversal.

Quatre paramètres physiques notamment la température (°C), la conductivité (µS/cm), la turbidité (NTU) et les Solides dissous totaux de l'eau ont été prélevés *in situ* sur chaque site d'échantillonnage. Ces quatre paramètres ont été mesurés à l'aide d'une sonde multiparamétrique de marque EZ-9909SP Water Quality Tester. La sonde était plongée à cinq

centimètre de la profondeur d'eau pour le prélèvement de chacun de ces quatre paramètres.

II.7. Analyse des paramètres chimiques

Dix-sept paramètres chimiques ont été évalués dans l'eau des sources à Bulungu au cours de cette étude. Il s'agit de l'oxygène dissous (mg/L), du pH, de la demande chimique en oxygène (mg/L), de la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (mg/L), des ions magnésiums (mg/L), calcium (mg/L), nitrates (mg/L), nitrites (mg/L) du chlorure, de l'ammonium, des phosphates (mg/L) et les métaux lourds (chrome, fer, cadmium, manganèse, plomb et arsenic).

En ce qui concerne le dosage des ions majeurs, des échantillons d'eau ont été prélevés lors de descentes de terrain et conservés dans de galons de 500 ml en polyéthylène préalablement stérilisés et nettoyés avec l'eau du site à contenir. Après collecte, les échantillons d'eau ont été gardés au froid dans une glacière suivant les normes du protocole ISO 5667-3 ainsi que AFNOR NF T 90-023 déterminant les conditions de prélèvement, conditionnement et transport des échantillons d'eaux destinés aux analyses chimiques au laboratoire (AFNOR, 2009). Les échantillons ont été ensuite ramenés au laboratoire pour les analyses appropriées.

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

II.8. Analyses biologiques des échantillons d'eau des sources étudiées

Les échantillons d'eau prélevés dans des flacons en verre stériles après flambage du tuyau d'évacuation d'eau ont été conservés dans des glacières contenant de la glace et maintenu à 4°C puis transporter au laboratoire des recherches microbiologiques de l'Institut Supérieur de Techniques Médicales de Kinshasa.

III. RESULTATS

III.1. pH, température et oxygène dissous

La figure 3 visualise l'évolution du pH, de la température (°C) et de l'oxygène dissous (mg/l) mesurées dans cinq stations d'eau de consommation dans la cité de Bulungu.

Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux ...

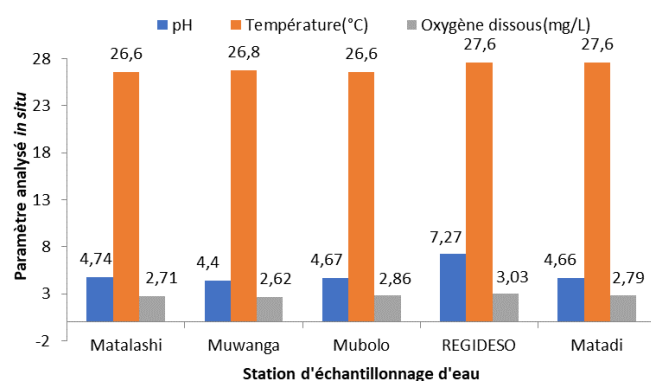


Figure 3. Evolution du pH, T° et O₂ dissous dans les stations étudiées

En appliquant le test de Kruskal-Wallis à ces résultats, il se dégage une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les deux groupes échantillonnés pour le pH, par contre pas de différence significative pour la température et l'oxygène dissous.

L'évolution de la conductivité électrique et des solides totaux dissous par station de prélèvement est reprise dans la figure 4.

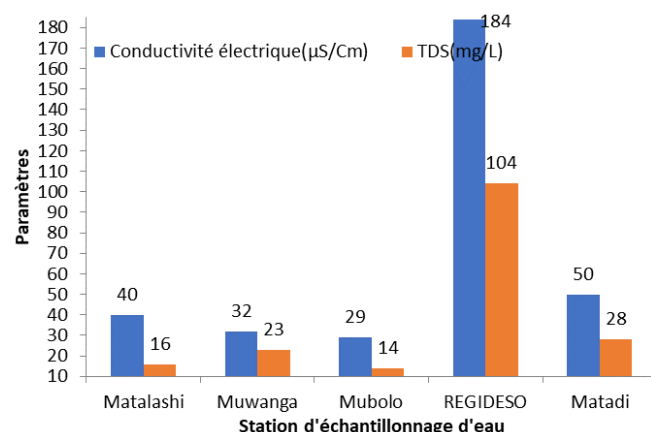


Figure 4. Evolution de la conductivité électrique et des solides totaux dissous par station d'eau

En appliquant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis à ces résultats, il se dégage une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les stations pour les deux paramètres ci-haut étudiés.

La turbidité, la demande chimique en oxygène et la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours par station sont reprises dans la figure 5 ci-dessous.

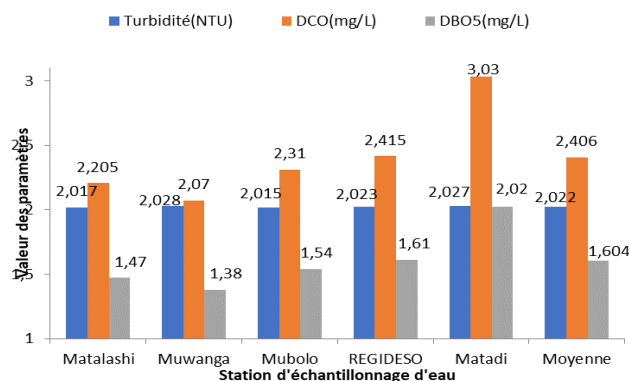


Figure 5. Evolution de la turbidité, DCO et DBO5 par station

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis montre qu'il ne se dégage aucune différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les stations échantillonnées pour les deux paramètres (Turbidité et DBO5), par contre, il se dégage une différence significative ($p > 0,05$) pour la DCO. Les valeurs des éléments traces métalliques (fer, chrome, cadmium, manganèse, plomb et arsenic) issues de l'analyse des échantillons d'eau de consommation sont consignées dans la figure 6 ci-dessous.

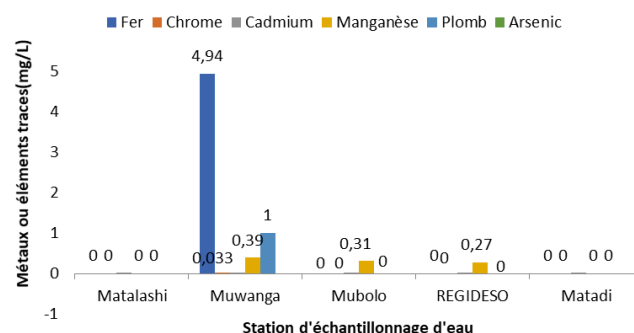


Figure 6 : Evolution des métaux lourds et éléments traces par station.

Les paramètres azotés et phosphorés des échantillons d'eau de consommation analysés sont repris dans la figure 7 ci-dessous.

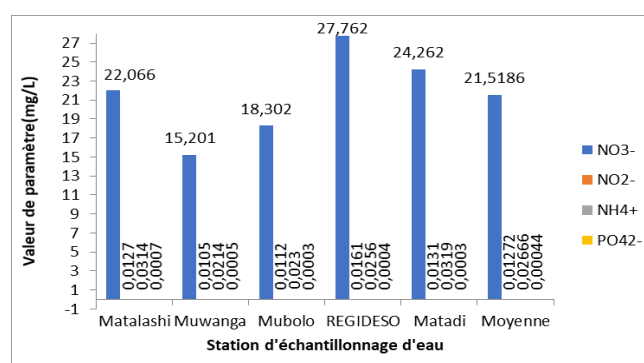


Figure 7. Paramètres azotés et phosphorés des eaux par station

En appliquant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis aux résultats de la figure 7 ci-haut, il se dégage une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les stations échantillonnées pour le nitrate, mais pas de différence significative pour les nitrites, ammonium et pour le phosphate.

La teneur en ions majeurs des échantillons d'eau des sources et de la REGIDESO analysés est consignée dans la figure 8 ci-dessous.

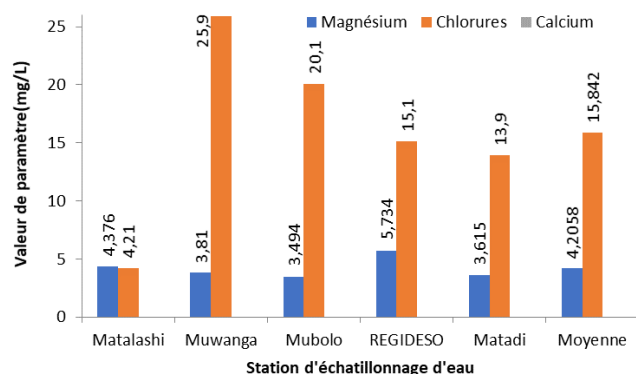


Figure 8. Paramètres ioniques majeurs

L'hétérogénéité des stations traduit des processus de contamination différenciés selon chacune d'elles. La station Muwanda se distingue par une concentration en Chlorure 6,15 fois supérieure à celle de Matalashi.

En appliquant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis aux résultats des paramètres ioniques majeurs analysés, il se dégage une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les stations échantillonnées pour le chlorure et le magnésium, par contre pas de différence significative pour le calcium.

III.2. Paramètres biologiques

Les analyses des eaux consommées par la population de la cité de Bulungu dans le Laboratoire de recherches microbiologiques de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa (ISTM/Kin) pour évaluer la potabilité selon les normes OMS nous ont conduit à des résultats ci-dessous (Figure 9).

• Enrichissement des germes

Les échantillons d'eau ramenés au laboratoire ont été enrichi à l'eau peptonée, incubé à l'étuve à 37°C pendant 24h.

• Ensemencement des germes

L'inoculum obtenu de l'enrichissement des germes a été ensemencé dans du bouillon lactosé, incubé à l'étuve à 37°C pendant 24h.

• Isolement des germes

Après lecture des échantillons ensemencés, trois milieux de culture ont été utilisés pour isoler des germes de nos échantillons d'eau : le Mac Conkey agar, Sabouraud additionné et l'Hektoen puis incubés à l'étuve pendant 24h.

• Identification des germes

Pour faciliter l'identification des germes dans les échantillons d'eau, nous avons réalisé la galerie de Lémior, celle-ci a permis de déterminer les caractères biochimiques des entérobactéries contenus dans l'eau de consommation de la cité de Bulungu. Ainsi, trois milieux ont été utilisés pour cette finalité : le Kligler, le citrate de Simmons et le sulfure, Indole et Mobilité.

Lorsqu'on se réfère à des méthodes de Robert Koch (UFC), de Joseph Berkson (NPP) et de Hans Christian Gram, on remarque que quatre stations, soit Matalashi, Muwanda, Mubolo et Matadi contiennent des nombreuses espèces de Coliformes responsables de la contamination fécale.

Les résultats des analyses des eaux sont repris dans la figure 9 où nous quantifions le nombre de germes (coliformes) par 100 mL après test de présomption et calculons l'indice colimétrique.

Une étude des caractères biochimiques a été également effectuée pour faciliter l'identification des entérobactéries. Les sources Matalashi, Muwanda, Mubolo et Matadi ont révélées respectivement la présence de 8373, 246, 267 et 6 unités formant colonie (figure 9) contre respectivement un duplicat de 43, 20, 46, 30 et 75 Coliformes dans les eaux des sources Matalashi, Muwanda, Mubolo, REGIDESO et Matadi. Ce sont notamment les coliformes du genre *Enterobacter* (Matalashi), *Salmonella* (Muwanda), *Enterobacter* (Mubolo), *E. coli* (REGIDESO) et *Klebsiella* (Matadi). Après coloration de Gram, quatre stations, Matalashi, Matadi, Muwanda et Mubolo ont révélées la présence respective de *Enterobacter cloacae* (Matalashi); *Bacillus subtilis* (Muwanda), *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* (Mubolo) et de *Streptococcus pyogenes* (Matadi). La station 4 n'ayant pas poussées sur l'Hektoen a été négatifs.

La figure 9 ci-dessous visualise le nombre de germes par 100mL après test de présomption sur bouillon lactosé et détermine l'indice colimétrique de chaque station.

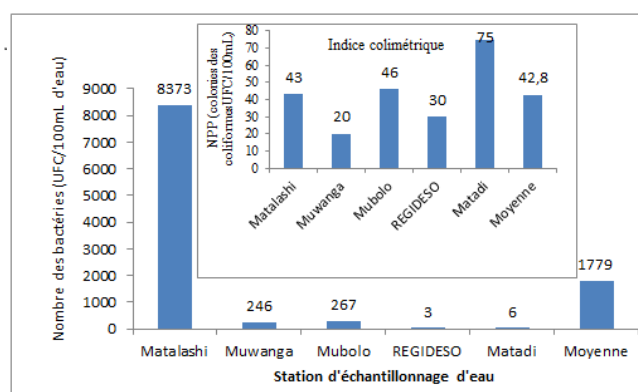


Figure 9. Nombre de germes par 100mL après test de présomption sur bouillon lactosé et indice colimétrique par station

L'analyse de la figure, montre qu'à la suite de l'isolement des germes, les échantillons 4 et 5 n'ont pas poussé dans l'Hektoen par contre, en faisant la galerie, nous avons observé quelques pousses de l'échantillon 5 sur gélose nutritive.

Ces valeurs (UFC et NPP) montrent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les stations. L'Organisation Mondiale de la Santé recommande, zéro coliforme par 100mL égale eau potable. Donc toutes les sources analysées sont impropres à la consommation sans traitement.

A la suite d'un ré isolement et la galerie sur des milieux appropriés, plusieurs catégories d'Entérobactéries ont été décelées compte tenu de leurs caractères biochimiques (tableau 1).

Tableau 1. Différents types d'entérobactéries observées après analyse

N°	Station	KLIGLER					MUI		Citrate	Germes
		Glucose	Lactose	H ₂ S	Gaz	Urée	Indol	Mobilité		
1	Matalashi	+	+	+	-	-	-	+	+	<i>Enterobacter</i>
2	Muwanda	+	-	-	+	-	-	+	+	<i>Salmonella</i>
3	Mubolo	+	+	-	+	-	-	+	+	<i>Enterobacter</i>
4	REGIDESO	+	+	-	+	-	+	+	-	<i>E. coli</i>
5	Matadi	+	+	-	+	+/-	-	+	+	<i>Klebsiella</i>

Après coloration de Gram et l'étude des caractéristiques structurales de la paroi cellulaire des bactéries, Deux catégories de bactéries (gram positif et gram négatif) ont été décelées.

Tableau 2. Types de bactéries après coloration de Gram

N°	Echantillon	Milieu sélectif	Lactose	mobilité	Uréase	Citrate	Indole	Oxydase	catalase	morphologie	Gram	Bactérie
E1	Matalashi	macConkey	+	+	-	+	-	-	+	Bacille	Gram-	<i>Enterobacter cloacae</i>
E2	Muwanda	Gélose nutritive	-	+	-	+	-	+	+	Bacille sporulé	Gram +	<i>Bacillus subtilis</i>
E3	Mubolo	macConkey	+	+	+/-	+/-	+	-	+	Bacille, Bacille capsulé	Gram-	<i>E.Coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>
E4	Regideso	Hektoen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>Pas de pousse</i>
E5	Matadi	Gélose nutritive	-	-	-	-	-	-	-	Coques en chaine	Gram+	<i>Streptococcus pyogènes</i>

III.3. Calcul des indices biologiques

1°. Indice de pollution organique (IPO)

L'indice de pollution organique des eaux des stations analysées est repris dans le tableau 12 ci-dessous

Tableau 3. Indice de pollution organique par station

N°	Station	IPO	Interprétation
01	Matalashi	4,75	Pollution organique très faible (eau de très bonne qualité)
02	Muwanda	4,75	Pollution organique très faible (eau de très bonne qualité)
03	Mubolo	4,75	Pollution organique très faible (eau de très bonne qualité)
04	REGIDESO	4,75	Pollution organique très faible (eau de très bonne qualité)
05	Matadi	4,5	Pollution organique faible (eau de très bonne qualité)

Quatre sources ont un indice de pollution organique de 4,75, ce qui indique une très faible pollution organique, contre la station 5 qui a un indice de pollution organique de 4,5 indiquant une pollution organique faible. Les concentrations de DBO_5 , NH_4^+ , NO_2^- et de PO_4^{2+} sont toutes faibles et correspondent à une eau de très bonne qualité du point de vue de la pollution organique.

2°. Indice de qualité microbiologique

• Indice Colimétrique

$$\text{IC} = \frac{\text{nombre de coliforme} \times 100}{\text{volume analysé}}$$

L'indice colimétrique calculé est repris dans la table 4 ci-dessous

Tableau 4. Indice colimétrique des eaux analysées

N°	Station	IC	Interprétation
1	MATALASHI	37,4 coliformes /100mL	Selon les recommandations de l'OMS, l'eau destinée à la consommation humaine doit contenir 0 Coliformes fécal et 0 <i>E.coli</i> dans 100mL. Un indice colimétrique moyen de 37,4coliformes/100mL indique une qualité microbiologique non conforme. La présence de <i>E.coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Klebsiella</i> et <i>Enterobacter</i> témoigne une contamination d'origine fécale et d'un risque potentiel de maladies hydrique
2	MUWANDA		
3	MUBOLO		
4	REGIDESO		
5	Matadi		

3°. Indice de contamination fécale (ICF)

Tableau 5. Indice de contamination fécale

N°	Station	Bactéries identifiées	Niveau de contamination fécale
1	Matalashi	100%	L'indice de contamination fécale étant de 100%, les eaux de consommation analysées présentent un niveau de contamination fécale très élevé et constituent un risque important pour la santé publique.
2	Muwanda		
3	Mubolo		
4	REGIDESO		
5	Matadi		

IV. DISCUSSION

Les résultats de la présente étude portent sur la qualité physico-chimique et bactériologique d'eau de consommation de cinq stations en République Démocratique du Congo (RDC) et s'inscrivent dans un corpus de recherche croissante sur la qualité des eaux de boisson en Afrique subsaharienne.

Le pH des échantillons d'eau de consommation de la cité de Bulungu le catégorise en eau acide et légèrement basique. Dans l'étude menée à l'Université Libre de Kisangani (RDC) sur les sources de la commune de Kabondo, Lungbi et ses collaborateurs (2022) ont trouvé des valeurs de PH 100% conformes aux normes de l'OMS. Cette divergence majeure avec nos résultats suggère que l'acidité chronique observée dans nos stations n'est pas une caractéristique généralisée de toutes les eaux Congolaise, mais relève plutôt de spécificité géologique locales. Les valeurs de l'oxygène dissous et l'hypoxie chronique sont inférieures au seuil minimal de 4mg/L recommandé par l'OMS. L'étude de KajiadoCounty au Kenya (2021) sur les forages d'OngataRongai, a révélé des valeurs d'oxygène dissous variant de 1,22 – 4,83 mg/L avec une moyenne proche de la nôtre mais une variabilité plus grande. Les valeurs les plus basses étaient associées à des forages profonds. L'hypoxie chronique de nos stations est conforme au profil des eaux tropicales à forte charge organique et à haute température.

Les valeurs de la conductivité de nos échantillons sont variables (moyenne de 66,8us/cm) avec un TDS très faibles, caractéristiques des eaux de pluie ou de forêts tropicales sur le substrat siliceux. Dans l'étude de Kajiado, les TDS des forages variaient de 630 à 980 mg/L, avec une conductivité de 233-312 us/cm. Ces valeurs sont 10 à 50 fois supérieures aux nôtres signalent un déficit structurel en minéraux par contre ils reflétant une géologie volcanique riche en minéraux (Région du Rift). Les paramètres ioniques majeurs constituent une anomalie géochimique majeure. Par ailleurs, l'étude menée par Teras (2020) au Nigeria sur la rivière Calma, le chlorure n'a pas été identifié comme paramètre critique, l'accent étant mis sur les métaux lourds et les paramètres agricoles.

Les éléments traces métalliques sont caractéristique sources naturelles non minières. Dans l'étude de Kipushi (2017) (Katanga/RDC) réalisée par BAMBAMBUKENGU Mu haya et ses collaborateurs (2017) de l'UNILU, les concentrations ses éléments (ITM) dépassaient les normes OMS dans plusieurs puits, en lien avec 90 ans d'activités minières. Nos valeurs, bien que élevées, sont inférieures à celles de Kipushi, où l'extraction du Cu, Co, Zn et Pb a profondément altéré la géochimie des eaux.

Les paramètres azotés et phosphorés de nos échantillons sont conformes aux normes OMS (< 0,2 mg/L). Dans l'étude menée à Kisangani (RDC), les nitrates étaient non conformes à 62,5% des sources analysées avec une moyenne supérieure à la nôtre. La qualité microbiologique des échantillons analysés était non conforme avec une charge bactérienne très élevée. En Afrique du Sud (Mpumalanga), 78% des 100 forages analysés dépassaient 5UFC/100mL. La contamination bactériologique de nos stations, bien que

grave, est moins extrême que celle rapportée par Prince Maba en milieu rural Congolais (40.000 germes/100ml) cependant la présence de Salmonella (Muwanda) et Klebsiella (Matadi est particulièrement alarmante car ces pathogènes sont responsables des fièvres Typhoïdes et Paratyphoïde (*Salmonella typhi*, *S.paratyphi*), d'infection nosocomiales (*Klebsiella pneumoniae*) et des méningites néonatales (*Klebsiella*, *Streptocoques*)

V. CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'analyse physicochimique et bactériologique des eaux de cinq stations consommées par la population de la cité de Bulungu, province du Kwilu en République Démocratique du Congo dont l'objectif principal était d'évaluer la potabilité de ces eaux selon les normes OMS. Les échantillons d'eau consommées par la population de Bulungu prélevés ont été conservé et transporter en toute sécurité et analyser au laboratoire de recherche microbiologiques de l'ISTM/Kinshasa et celui du Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa en temps réel en respectant les étapes de l'analyse.

Les résultats obtenus ont montré une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) pour le pH, la conductivité électrique, les TDS, la DCO, nitrate, le chlorure, magnésium et la charge bactérienne entre l'eau des sources échantillonnées, par contre pas de différence significative ($p > 0,05$) pour la température, l'oxygène dissous, la turbidité, la DBO5, les nitrites, l'ammonium, le phosphate et pour le calcium. La charge bactérienne révèle également une contamination fécale susceptible de compromettre la qualité sanitaire de ces eaux. Cette étude recommande l'installation d'un système de traitement (neutralisation du pH, aération, filtration sur charbon actif, désinfection UV/Chlore) impérative avant toute consommation humaine et l'intensification de service de distribution d'eau, car l'eau de distribution parait moins polluée que celle des sources.

REFERENCES

1. American Public Health Association (2023), *Standard Methods for the Examination of water and wastewater* (24th Ed.)
2. Association Française de Normalisation (AFNOR).NF T90-023. Qualité de l'eau-Echantillonnage des eaux-Conditions de prélèvement, de conservation et de transport des échantillons. Paris, France : AFNOR.
3. Balloy M., *et al* (2020), Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de

- Luwowoshi(RDC). *Tropiculture* 37(2),627.
DOI :10.25518/2295–8010.627.
4. Dégrémont., 2005. Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Dégrément, ISBN 2-9503984-0-5
 5. Halvorson, H.D & Ziegler N.R. (1933), Application of statistics to problems in bacteriology. A means of determining bacterial population by the dilution method. *Journal of Bacteriology* 25 (2), 101-121.
 6. International Organization for Standardization (2024).ISO 5667 -3: 2024. Qualité de l'eau-Echantillonnage-Partie 3: Conservation et manipulation des échantillons d'eau. Genève, Suisse: ISO.
 7. Kangudia, G.M., Kanyiki, D.M., Musuasua, M.M., Kalanda, L.K., Mbelu, J.K., Lufuluabo, J.K. (2026). Evaluation physicochimique et microbiologique de la qualité des eaux de boisson provenant de diverses sources à Mbuji mayi, en République Démocratique du Congo. *Rev. Sc. Sant.* 5(1), 68-79. <https://doi.org/10.71004/rss.026.v5.i1.55>.
 8. Kapembo, M.L., Mukeba, F.B., Sivalingam, P., Mukoko, J.B., Bokolo, M.K., Mulaji, C.K., Mpiana, P.T., Poté, J.W. (2022). Survey of water supply and assessment of groundwater quality in the suburban communes of Selembao and Kimbanseke, Kinshasa in Democratic Republic of the Congo. *Sustain Water Resour Manag.* 8(1),3. doi: 10.1007/s40899-021-00592-y
 9. Mavema L.L. (2023). Normes de prélèvement et de conservation des échantillons d'eau. Kinshasa CGEA/CKREN-K. Mémoire inédit, Dépt de biologie, UPN, 68p.
 10. Mboma M., (2020), Géographie urbaine de Bulungu, genèse, expansion et défis environnementaux. Thèse de doctorat, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, 176p.
 11. Muma Wa Muma M. et al. (2021). Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de consommation dans le secteur de Kakongo, Kongo Central, RDC. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(5), 2469.
 12. Ndeko M. et al. (2018), Analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources publiques aménagées dans le groupement de Kashozi, chefferie de Kaziba, RDC. *Journal of Applied Biosciences*, 127, 12845 – 12856.
 13. Nzodia M.P. (2010), Impact des microorganismes indicateurs de la pollution des eaux des puits sur la santé infantile à Kinshasa. Cas de la commune de Kimbanseke. Mémoire de Licence, Dépt.de Biologie, Université Pédagogique Nationale, inédit, 89p.
 14. Ramande F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : Bio géochimie et écologie des eaux continentales et littorales. Edi science internationale, Paris, 786 p.
 15. REGIDESO RDC. (2024), Rapport annuel sur la distribution d'eau potable en République Démocratique du Congo. Kikwit : REGIDESO.
 16. Savary P. (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Territorial Edition, Bersson, 264 p
 17. OMS. (1997). Directives pour la Qualité de l'Eau de Boisson, 2ndEdition, Volume 3, Surveillance et Contrôle des Approvisionnement Communautaires, Genève. Disponible à : www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq2/v1/en/index2.html
 18. OMS. (2021). Qualité de l'eau potable : directives 4^{ème} édition. Genève : Organisation mondiale de la Santé.
 19. WHO. (2024). Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition incorporating the First and Second Addenda. Geneva: World Health Organization ISBN: 978-92-4-004506-4.