



EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DE SURFACE DANS LA COMMUNE RURALE DE MUKEDI (Cas des rivières : TSHYNIO, TSANGAZAW et GAPAKASA)

DINGIDA KUYAKUYA Marc¹, LUBINI AYINGWEU Constantin², DISA DISA
MAZIANA PASCAL, LUBALEGA KIMBAMBA Tolérant³, AGIGI GUDULA Balitte⁴

(¹) Institut Supérieur Pédagogique de Mukedi (RD Congo)

(²) Université de Kinshasa (RD Congo)

(³) Université de Kikwit (RD Congo)

(⁴) Institut Supérieur des Techniques Médicales de Gungu (RD Congo)

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.16694118>

Résumé

L'homme a constamment besoin de l'eau, toute les activités humaines recourent à la présence de l'eau ; la vie sans eau est impossible

L'objectif de notre recherche est de contribuer à déceler les bienfaits dans l'usage domestique des eaux de surface non purifié c'est-à-dire non traité dans la vie de la population de la R D Congo en général et la communale de MUKEDI en particulier.

Sur 40 échantillons prélevés auprès des rivières Tshinyo, Gapakasa, Tshanganzaw et les sources regroupées en site important, nous avons utilisé la méthode de LAMINOR, le KIT d'analyse in situ (paramètre physique et chimique) ; la méthode de filtration sur membrane pour rechercher les micro-organismes au laboratoire de l'université de Kinshasa.

Les résultats montrent que le PH est supérieur ou égale à 4 le minimum est de 4, l'eau décèle une conductivité électrique varie entre 12 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et 341 $\mu\text{s} / \text{cm}$, la température de l'eau varie entre 3 degrés et 34 degré centigrade, l'eau a un taux de ions nitrates de 70 mg /L, la phosphate des Echantillons varie entre 0,5 à 0,7. L'ammonium est de 0,5 Dans nos échantillons de l'amont

jusqu'à l'aval. Cette valeur reste constante. Le taux de l'ammoniac dans nos rivières est supérieur ou égale à 5 (NH₄-3) et (NH₄-1) et de 0,2. La capacité des matériaux à diffuser la chaleur dans l'eau est moins importante soit 350µ/Cm. Les 7 échantillons contaminés ont révélé : H₂S, CITRATE, LACTOSE, INDOLE+, OXYDASE. Donc présence de COLIFORMES.

Mots clés : Analyse Physicochimique, Analyse microbiologique, eau, rivière, Mukedi.

Abstract

Man constantly needs water, all human activities rely on the presence of water; life without water is impossible.

The aim of our research is to help identify the benefits of domestic use of untreated, i.e. unpurified, surface water in the lives of the population of the Democratic Republic of the Congo in general, and the commune of MUKEDI in particular.

On 40 samples taken from the Tshinyo, Gapakasa and Tshanganzaw rivers and springs grouped together at major sites, we used the LAMINOR method, the KIT for in situ analysis (physical and chemical parameters) and the membrane filtration method to test for micro-organisms at the University of Kinshasa laboratory.

The results show that the PH is greater than or equal to 4, the minimum is 4, the water detects an electrical conductivity varies between 12 µs / cm and 341 µs / cm, the water temperature varies between 31 degrees and 34 degrees centigrade, the water has a nitrate ion level of 70 mg /L, the phosphate of the samples varies between 0.5 to 0.7. Ammonium is 0.5 in our samples from upstream to downstream. This value remains constant. Ammonia levels in our rivers are greater than or equal to 5 (NH₄-3) and (NH₄-1) and 0,2. The capacity of materials to diffuse heat in water is lower, at 350µ/Cm. The 7 contaminated samples revealed: H₂S, CITRATE, LACTOSE, INDOLE+, OXYDASE. Thus the presence of COLIFORMES.

Key words: Physicochemical analysis, microbiological analysis, water, river, Mukedi.

INTRODUCTION

L'eau est un élément fondamental pour la vie humaine. Selon la banque mondiale, en novembre 2023 le paradoxe réside dans l'abondance des ressources en eau ; dans notre pays : « la RDC qui possède plus de 50% de réserve d'eau du continent africain ; la majorité de la population vit sans accès à l'eau potable ; vit dans des zones rurales ; les secteurs des eaux rural à était négligé ».

A ce rythme, il est très peu probable que la R.D Congo soit à mesure d'atteindre l'objectif de développement durable 6 (ODD6) qui prévoit un accès universel à l'eau et à l'assainissement d'ici 2030.

Actuellement, le monde est menacé par le déséquilibre écologique. L'homme est mal à l'aise dans son milieu de vie. Il a créé un déséquilibre écologique par ses activités économiques (déforestation, construction anarchique ...)

En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substance chimiques dangereuse, ni germes nocifs pour la santé (OMS, 2011 : U.E 2015)

La qualité de l'eau domestique dépend de la lithologie et à l'assainissement autour des points d'eau et rivières. L'insuffisance des infrastructures d'approvisionnements en eau potable pour satisfaire les besoins d'hygiène de base (les habits, se laver, les objets de la cuisine) faire de toilette personnelle etc. entraîne le recours à des sources d'eau, des rivières des étangs qui sont les endroits plus proche et facilement accessible mais la qualité très peu connue.

Notre souci est d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface dans la commune rurale de MUKEDI. En réalité les eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions et son souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des qualités non négligeables en matière organique naturelle telles que les substances chimiques mais aussi des composés organiques issus de divers rejets polluants ou de pratique agricole extensives. Selon la banque mondiale ; « 33 millions de personne en milieu rural n'ont pas accès à l'eau de qualité (J.R MAWA 2023) ».

Pour les analyses in situ nous étions obligé de nous déplacer avec le KIT d'analyse chimique et physique.

1. Milieu et Méthodes

1.1. Milieu

La commune est située à 19°49'685 '' de longitude EST et 5°38'202'' de latitude sud. Une Altitude de 720m (GPS 2024). Géographiquement localisée dans le territoire de Gungu, secteur LOZO province du KWILU en République Démocratique du Congo.

Limité au Nord par la rivière TSANGAZAW ; au Sud par les quartiers KIMPANGI et GIYE à l'est par le quartier GIYE, KIMPANGI et la rivière GAPAKASA ; à l'ouest par le village MALODI, NGONDO. La commune est située à 720 Km par rapport à la ville province de Kinshasa et à 200Km de la ville de Tshikapa chef- lieu de la province du Kasai ; à 130Km d'Idiofa, à 75 km de la cité de Gungu chef- lieu du territoire de la commune rurale Mukedi est situé à 25Km de Lozo chef- lieu du secteur dont elle appartient .La grande partie de la commune c.à.d. son espace vitale se localise à droite de la rivière tshinyo ,la grande rivière de la commune . Une autre partie est située sur la rive gauche de Gapakasa et droite de Tshangazaw comme indique les graphiques suivants.

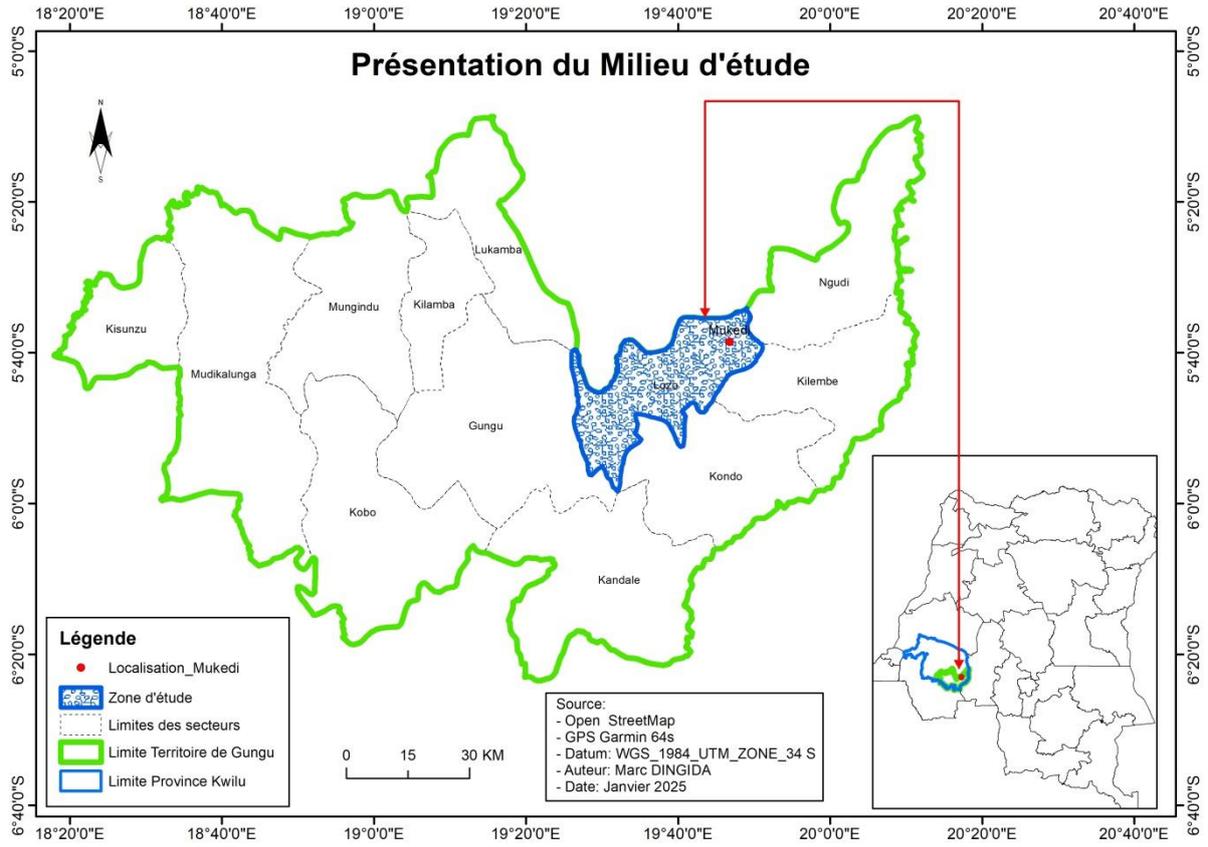


Figure 1. La commune Rurale de Mukedi dans le Territoire de Gungu

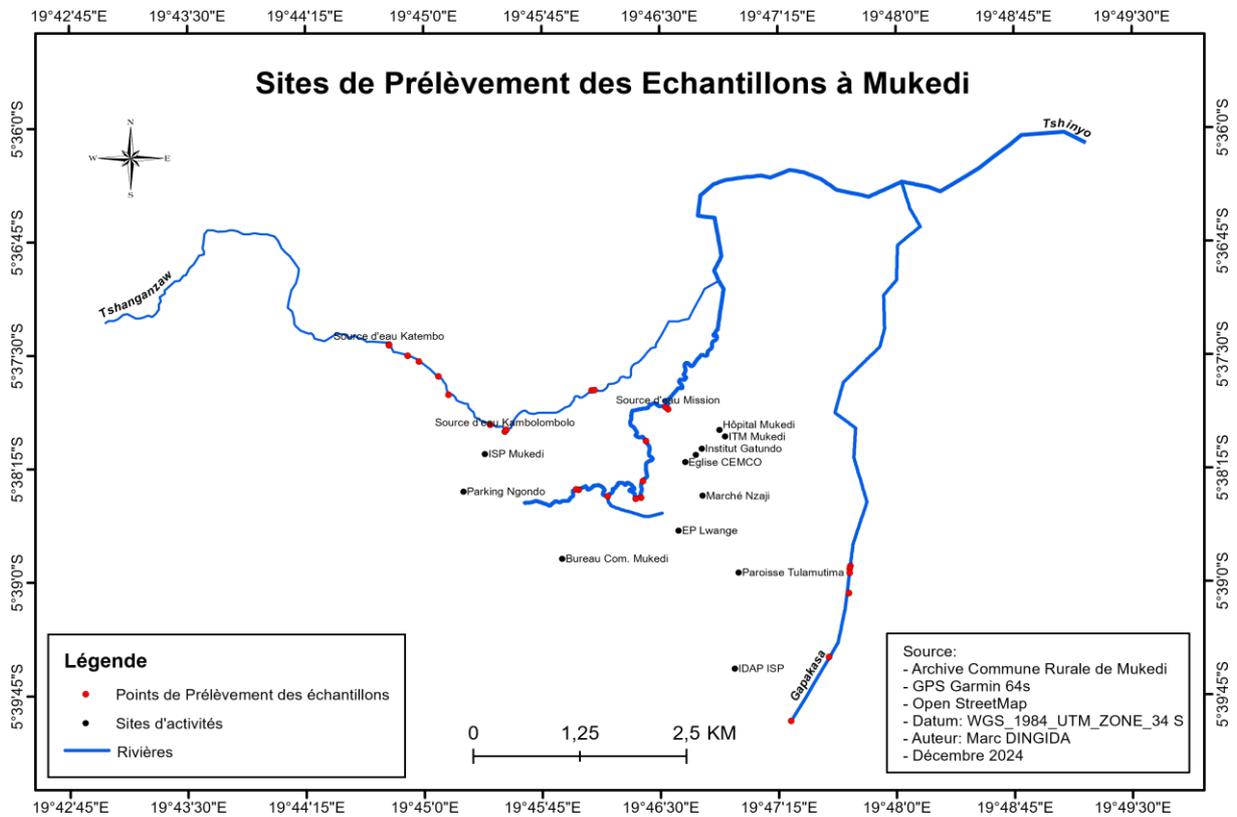


Figure 2. Sites de prélèvement des échantillons

Le climat de la zone d'Etude est le climat tropical humide de régime bimodal austral la saison humide d'une durée de mois, de septembre à Avril, séparés par un faible répit pluviométrique en janvier. Les températures moyennes annuelles observées s'élèvent à 25°C mais varient entre 20-25°C dans la région, une précipitation qui se lève à 1000 à 1500 mm par an.

Le sol de la contrée est sablo argileux, il est aussi un Ferrisol c'est-à-dire des sols caractérisés par une couleur rougeâtre. Selon les études réalisées par le professeur MUDIJI (1989) ; « les sols de cette région de GATUNDO rappellent les sables de Kalahari, durs pauvres en éléments minéraux. » les types de végétation rencontrés sont constitués par la formation secondaire et tertiaire. Des lambeaux de galeries forestières et les savanes herbeuses prédominent sur le plateau ; les savanes sont faites selon le cas, d'herbes courtes appelées vulgairement jargon localement « MAkAKA ou gasuama ».

Dans les vallées à cause des distances entre les points de prélèvements d'eau le choix était liée aux pollutions (dépotoirs, eau usée (marché, hôpitaux, maisons d'habitation).

La méthode de filtration sur membrane a été utilisée pour rechercher le micro-organisme. C'est une méthode de comptage conçue pour identifier des bactéries à de concentrations extrêmement basse dans l'eau ou d'autres liquides (Anonyme, 2023). Dans les échantillons d'eau prélevés des rivières et source explorées à savoir : les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp, *Pseudomonas* spp. Ainsi que les levures et moisissures microscopique.

1.2. Méthodes

Pour atteindre les objectifs, la méthode analytique est d'usage. Cette démarche est appuyée par trois techniques pouvant permettre à vérifier la pertinence des hypothèses sur le terrain, à savoir : Observation directe, Analyse des échantillons au laboratoire, la recherche documentaire. Dans le cadre de cette étude, un total de 40 prélèvements pour les cours d'eau et Les sources. Les échantillons étaient prélevés, à une distance de 100M en amont et en aval. L'analyse physico-chimique à consister à mesurer la température, le pH, la Turbidité, la Conductivité (C), le Nitrate (NO₃-) et le Phosphate. Quant aux analyses bactériologiques, elles ont permis de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau et d'autres microbes nuisibles, précisément les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les divers vers intestinaux. Les analyses se sont réalisées en deux étapes : le dénombrement et l'identification.

Les paramètres physiques (conductivité (μS/cm), turbidité (ppm), le pH et la température (°C) des eaux des rivières de la commune rurale étaient évalués *in situ*. L'analyse du pH, température, conductivité et turbidité était réalisée à l'aide d'une batterie des instruments notamment : un pH-mètre WTW série Inolab, turbidimètre du type HACH 2100 Q 01, .

Les paramètres chimiques étaient analysés au laboratoire du CRNK à Kinshasa. Cinq paramètres chimiques ont concerné cette évaluation. Il s'agit des nitrates (mg/L), des phosphates (mg/L), des matières en suspension (mg/L), la DBO₅ (mg/L) et DCO (mg/L) pour lesquels les résultats sont plus loin évoqués. Les analyses bactériologiques sont effectuées au laboratoire CRNK à Kinshasa pour détecter les coliformes totaux et fécaux, les *Escherichia colis* et les vers intestinaux contenus dans l'eau consommée par les ruraux de MUKEDI. Les données obtenues lors de différentes analyses ont été encodées sur le tableur Excel 2013 suivi

du calcul des moyennes ainsi que les écart-types de différents paramètres. Pour dégager une différence statistique significative entre les moyennes des paramètres analysés, l'analyse de la variance à un critère de classification (*ANOVA I*) (Scherrer, 1984) associé aux tests de Fisher et LSD (Leastin Signification Difference) à l'intervalle de 95% de confiance (Saville, 1990) a été appliquée à l'aide du logiciel Statistix (version 10,8). Les résultats obtenus sont présentés sous forme des graphiques et des tableaux pour faciliter leur interprétation et discussion. Les logiciels *Past* a été utilisé pour dresser le dendrogramme de similarité des rivières et sour, *Origin* (version 6,1) et Excel 2013 ont servi pour dresser les graphiques et la cartographie de la zone d'étude a été réalisée à l'aide d'*ArcGIS* arc map 10,8 à partir des coordonnées géographiques (longitude et altitude) relevées sur terrain avec un GPS de marque GARMIN 64S région, c'est ainsi nous étions obligés aussi de recourir ensuite la galerie de LAMINOR pour une étude comparative.

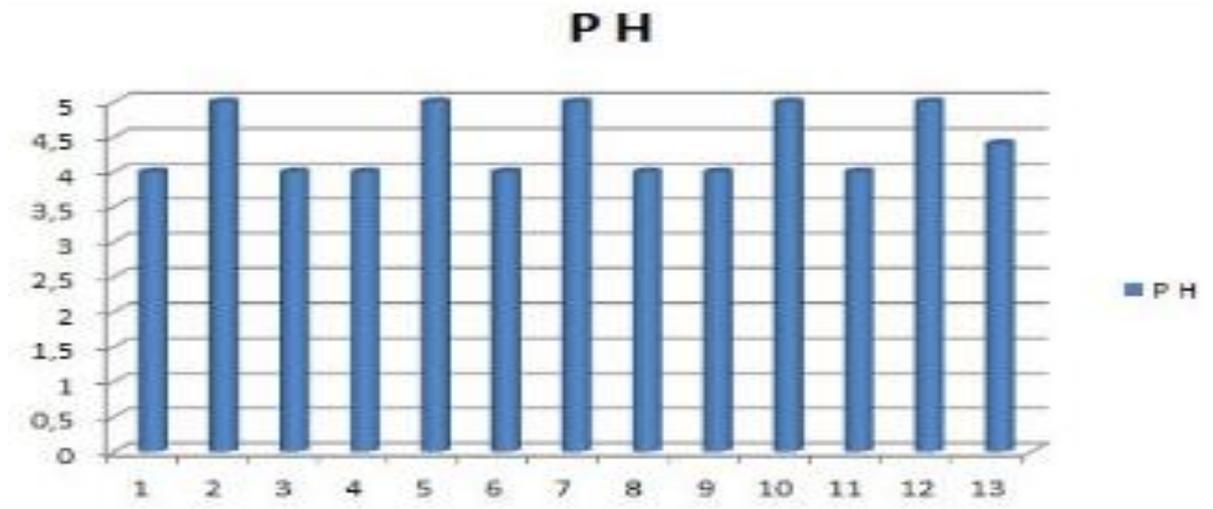
2. Résultat

Les recherches autour de l'analyse des eaux de la « région » de MUKEDI, montre que la commune utilise une eau de mauvaise qualité, qui n'est pas favorable au bien-être de l'homme. Le tableau ci-dessous visualise les résultats de nos analyses physico-chimiques et microbiologique de la région de la MUKEDI.

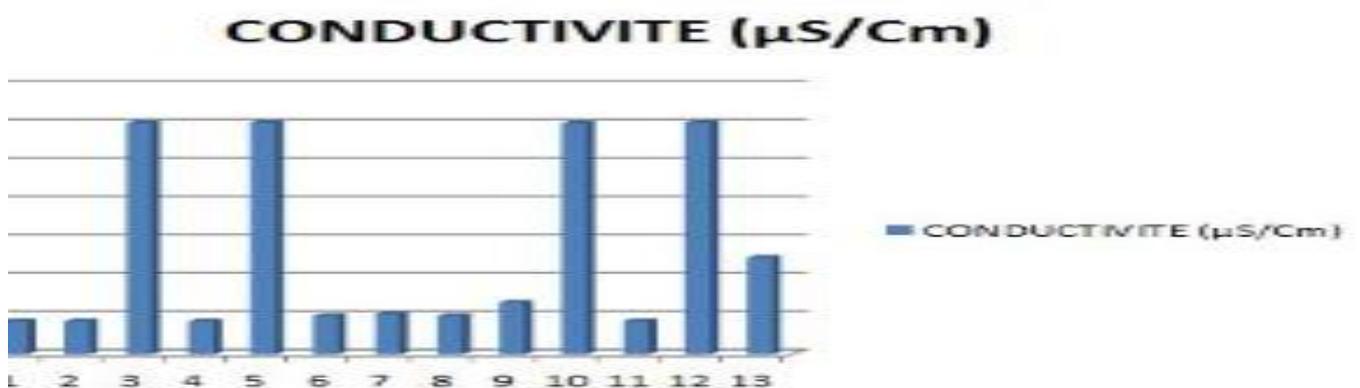
1. ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

1.1. ANALYSE PHYSIQUE DE L'EAU

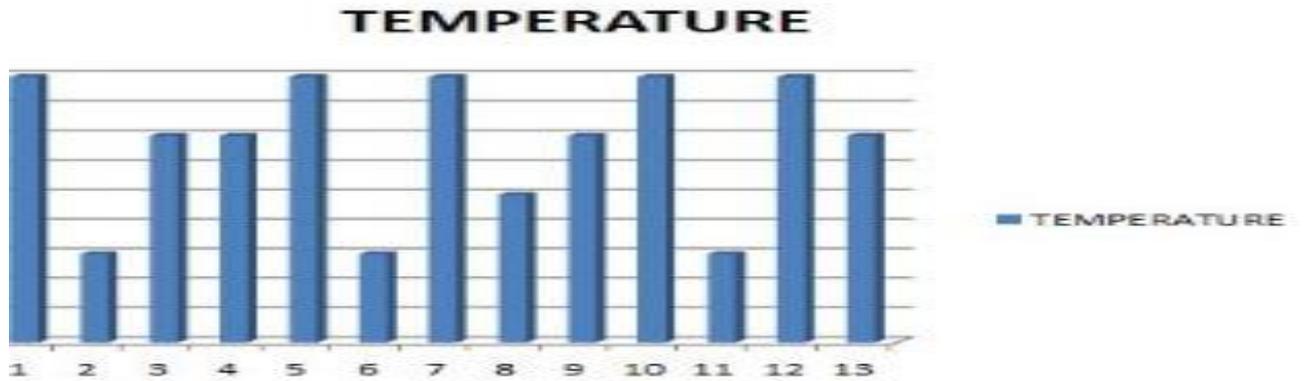
SITES		P H	CONDUCTIVITE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	TEMPERATURE
E1		4	17,3	34
E2		5	17,3	31
E3		4	120,7	33
E4		4	17,3	33
E5		5	121	34
E6		4	20,1	31
E7		5	21,1	34
E8		4	20,1	32
E9		4	27,1	33
E10		5	120,5	34
Minimum		4	17,3	31
Maximum		5	121	34
Moyenne		4,4	50,5	33



Le potentiel d'hydrogène de nos échantillons montre que la moyenne est de 4 le minimum est de 4 le maximum est de 5. Une eau favorable à la vie doit être comprise entre 6,5 et 9. L'eau est acide donc moins favorable à l'usage humaine.



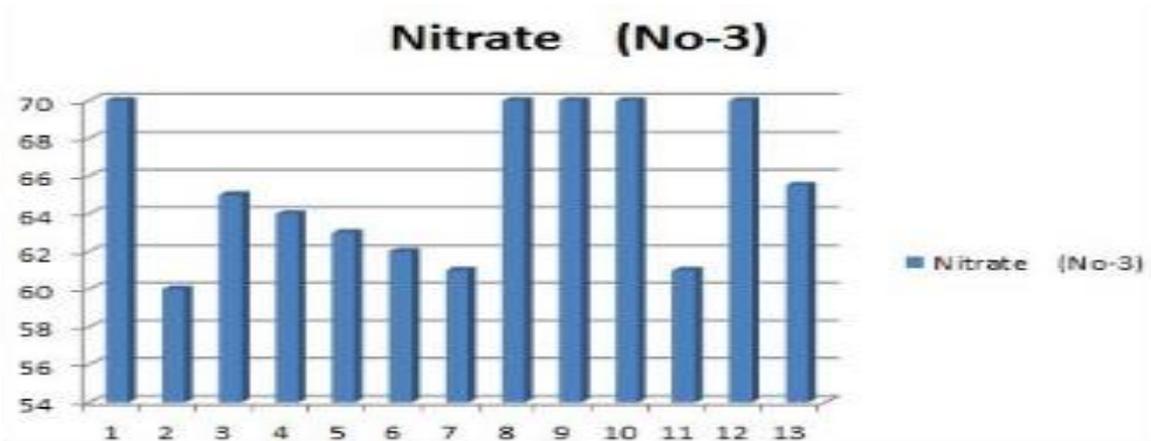
La conductivité électrique de l'eau est un indice pour prouver la qualité de l'eau. Pour notre étude, l'eau décelle une conductivité électrique qui varie entre $12 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $341 \mu\text{S}/\text{cm}$, les valeurs sont inférieures à la norme soit $500 \mu\text{S}/\text{cm}$. Donc l'eau a moins d'ions car plus il y a d'ions, plus la conductivité est élevée ; moins il y a d'ions, plus la conductivité est faible. Cette eau est faiblement minéralisée avec une conductivité inférieure à la valeur guide de l'OMS qui est de $300 \mu\text{S}/\text{cm}$.



Les Echantillons présentent une température qui varie entre 31 degrés et 34 degré centigrade, le maximum est de 34 degrés et le minimum est 31, la moyenne de la température reste 33. Par rapport à la norme de l'OMS cette température est élevée. Normalement l'eau qui sert à des usages domestiques doit avoir une température moyenne de 25 degré pour qu'elle soit une bonne eau favorable à la vie humaine. La température peut influencer sur un certain nombre de paramètres physique de l'eau notamment, la densité, la viscosité, la conductivité. Une eau à une température plus élevée peut également occasionner un agrandissement de l'aire de répartition géographique des microorganismes associés à des maladies hydriques. La température influence largement le potentiel d'hydrogène de l'eau.

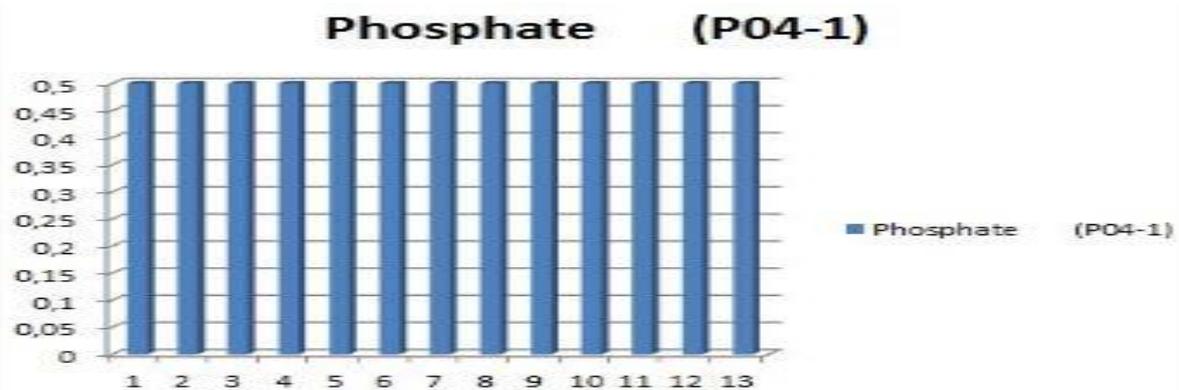
1.2. ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU

SITES	Nitrite (No ₂ -1)	Nitrate (No-3)	Phosphate (P0 ₄ -1)	Phosphate (P0 ₄ -2)	Ammonium (Nh ⁴⁺)	Ammoniac (NH ₄ -1)	Ammoniac (NH ₄ -3)
E1	≤ 0,02	70	0,5	≥ 0,6	0,5	0,2	≥ 5
E2	≤ 0,02	60	0,5	≥ 0,5	0,5	0,2	≥ 5
E3	≤ 0,02	65	0,5	≥ 0,7	0,5	0,4	≥ 5
E4	≤ 0,02	64	0,5	≥ 0,6	0,5	0,2	≥ 5
E5	≤ 0,02	63	0,5	≥ 0,5	0,5	0,4	≥ 5
E6	≤ 0,02	62	0,5	≥ 0,6	0,5	0,4	≥ 5
E7	≤ 0,02	61	0,5	≥ 0,7	0,5	0,2	≥ 5
E8	≤ 0,02	70	0,5	≥ 0,5	0,5	0,2	≥ 5
E9	≤ 0,02	70	0,5	≥ 0,6	0,5	0,2	≥ 5
E10	≤ 0,02	70	0,5	≥ 0,7	0,5	0,2	≥ 5
Min.	≤ 0,01	61	0,5	≥ 0,5	0,5	0,2	≥ 5
Max.	≤ 0,02	70	0,5	≥ 0,7	0,5	0,2	≥ 5
Moy.	≤ 0,02	65,5	0,5	≥ 0,6	0,5	0,2	≥ 5



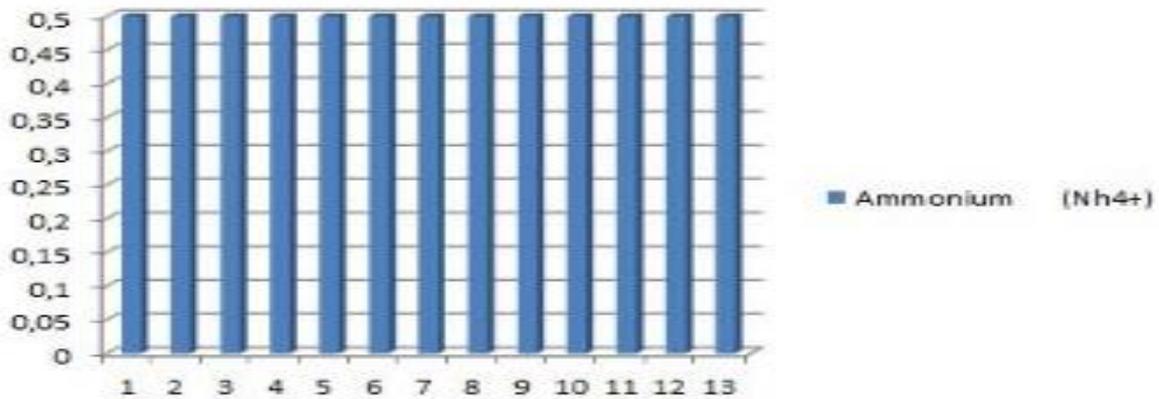
Les analyses des eaux ont révélé que l' eau a un taux de ions nitrates de 70 mg /L cette valeur est supérieure à la norme, car pour considérer une eau favorable à l' usage domestique, il ne doit pas contenir plus de 10mg/L de nitrate. Une eau contenant moins de 10 mg/L de Nitrate est considérée sûre à boire. Cette mesure peut également apparaître sous la forme de 10PPm.

Bien que les Nitrates soient moins toxiques que les nitrites, il ne doit pas y avoir plus de 50 mg/L dans l' eau à usage domestique. Si c' est consommé ils peuvent évoluer en nitrites dans l' estomac puis se transformer en nitrosamines toxiques est réputées cancérigènes.



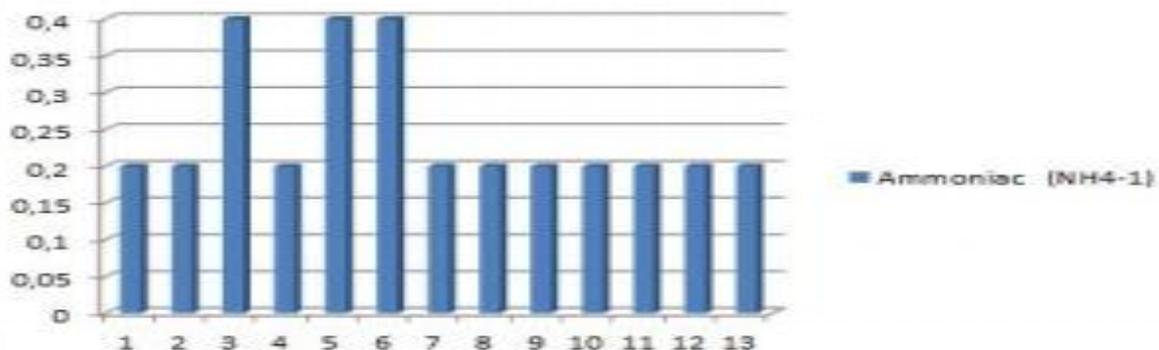
La phosphate des Echantillons varie entre 0,5 à 0,7. Les phosphates sont des éléments nutritifs pour les algues. Lorsqu' ils sont en quantité élevée dans l' eau de cuisson ou de l' usage humaine ceci peut favoriser la prolifération des algues et ceci peut causer des problèmes de sante car l' eau devient trouble. L' eau devient verdâtre, ou même noire. Les phosphates proviennent de tous les organismes vivants, de l' eau d' appoint, de l' urine, des déchets végétaux, des eaux sauvages (ruissellement), des poussières. La quantité normal doit être 0,2 à 0,5 ml/g.

Ammonium (Nh4+)



L' ammonium est de 0,5 Dans nos échantillons de l' amont jusqu' à l' aval. Cette valeur reste constante . Cette valeur est acceptable selon les normes de l' union européenne donc 0,5 mg/L ; l' ammonium dans l' eau traduit normalement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Car elle provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des Nitrates. C' est un excellent indicateur de la pollution de l' eau par les rejets organiques d' origine agricole, domestique. Cette substance n' est pas dangereuse pour la sante mais son inhalation peut provoquer des toux, son contact avec les yeux ou la peau donne la rougeur, son ingestion des nausées, de mal de gorge, des vomissements lents ;

Ammoniac (NH4-1)



Le taux de l' ammoniac dans nos rivières est supérieur ou égal à 5 (NH4-3) et (NH4-1) est de 0,2 En effet l' ammoniac dissous l' eau coexiste sous deux formes : la forme non ionisée (NH3), et le cation ammonium (NH4 +). L' équilibre entre les deux espèces est régi en

grande par le PH et la température. La somme des deux formes est désignée sous le nom d' ammoniac total (ou ammoniac libre). Aux fins de la surveillance qualité de l' eau potable, le terme ammoniac total désigne toutes les espèces à base d' ammoniac, soit l' ammoniac libre, les monochloramines (NH₂CL), les dichloramines (dichloramines (NHCL₂) et les trichloramines (ou trichlorures d' azote NCL₃). L' ammoniac est très soluble dans l' eau, et sa pression de vapeur est élevée. Le seuil de détection olfactive se situe à 1,5 mg / L (Environnement canada et santé canada ,1999 ; ATSDR, 2004 ; HSDB,2005). Les limites environnementales pour ammoniac dans les eaux de surface variant de 0,25 à 32,5 mg/l (ppm). L' academie de science recommande une norme de 0,5mg/l(ppm) pour l' eau potable.

1.3. ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE IN SITU DE L'EAU DES RIVIERES

N°	ELEMENT CHIMIQUE	QUANTITE			
		SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4
1	N0 ₂ (mg /L)	0	0	1	0
2	N0 ₃ (mg /L)	70	3	30	5
3	NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,2	3	0,5	0,5
4	P0 ₄ -P (mg/L)	2	0,5	0,5	2
5	PH (mg/L)	5	4,2-6,5	5	7
6	t° c	27	28	27	30
7	Conductivité μ/cm	12,02	11	342	34
8	Dureté carbonaté	Rouge	Rouge	Rouge	Rougeâtre (rouge bordeaux) eau colorée très carbonaté
9	Dureté totale	verdâtre	Verdâtre	Rouge claire	Jaunâtre (eau dure)

Observation de ce tableau prouve que la capacité des matériaux à diffuser la chaleur dans l' eau est moins importante dans toutes les rivières de la commune rurale de MUKEDI. Elle est faible dans les échantillons. Prélevés 350μ/Cm alors une eau potable doit avoir 500μ/cm. L'

eau de nos échantillons montre un taux de nitrite donc c' est une eau qui subit la pollution organique ' issue de l' urine et des matières fécales. C' est une étape intermédiaire' dans la conversion D'ammoniac (NH₃) en nitrate (NO₃) par les bactéries nitrosomonas. Les bactéries nitrobacter convertissent en suite le nitrite en nitrate.

2. ANALYSE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX

2.1. GALERIE DE LAMINOR.

Nous Avons Lancer des échantillons d' eaux dans les différents milieux de culture, 24 heures après incubations, nous avons observé les colonnes de bactéries dans des échantillons suivants : E1, E2, E3, E4, E5, E6, E10. et E7, E8, E9 sont restés stériles c' est-à-dire absence de colonie de bactéries.

Ces échantillons ont été lancés dans la galerie de LEMINOR qui est un milieu d' identification ESCHERICHIA COL I, COLIFORMES, BACILLES.

Les 7 échantillons contaminés ont révélé : H₂S, CITRATE, LACTOSE, INDOLE+, OXYDASE. Donc présence de COLIFORMES.

2.2. LA METHODE DE FILTRATION PAR MEMBRANE.

La méthode de filtration sur membrane a été utilisée pour rechercher les micro-organismes. C'est une méthode de comptage conçue pour identifier des bactéries à des concentrations extrêmement basses dans l'eau ou d'autres liquides (Anonyme, 2023). Dans le cadre de cette étude, on a recherché cinq (5) types de micro-organismes dans les échantillons d'eau prélevés des rivières explorées, à savoir : les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Enterococcus spp*, *Pseudomonas spp* ainsi que les levures et moisissures microscopiques.

Dans l'échantillon à examiner, les bactéries sont conservées sur un filtre dont les pores sont plus petits que la taille des bactéries (pore de 0,45 mm de diamètre). Le filtre qui a capturé les bactéries présentes dans l'eau est ensuite placé sur un substrat de culture adéquat où les bactéries peuvent absorber les nutriments nécessaires à leur développement et s'épanouir (Anonyme, 2023). Suite à l'incubation, le nombre d'UFC (unités formant colonies) est déterminé pour juger la qualité microbiologique de l'eau. En fonction du milieu de culture sur lequel le filtre est placé, on observe la présence de divers types de microorganismes (Anonyme, 2023). Le modèle ci-dessous a été employé pour compter les divers micro-organismes présents dans les échantillons d'eau des rivières examinées :

- ✓ Désinfection du système de filtration avant l'opération de filtration : une fois le système assemblé, il est désinfecté à l'éthanol puis rincé avec de l'eau stérile.

- ✓ Rafraîchir entre chaque filtration d'eaux variées ;
Avec précaution, placez le filtre (assurez-vous de ne pas placer la protection du filtre en même temps ou à la place du filtre, car ce dernier est imperméable et n'autorise pas le passage de l'eau) sur la plaque de support, avec le quadrillage du filtre orienté vers le haut et parfaitement centré ;
- ✓ Resserrer le conteneur supérieur pour garantir l'étanchéité du dispositif.
Remplissez le récipient supérieur avec l'eau à tester jusqu'à atteindre le niveau approprié (de 50 ml à 250 ml), sans le refermer ;
- ✓ Installer la pompe à vide manuelle et procéder au filtrage en générant le vide ;
- ✓ Effectuer un rinçage à l'eau stérile ;
- ✓ Démontez le dispositif;
- ✓ Enlever le filtre en utilisant une pince désinfectée à l'éthanol et le placer sur le milieu approprié dans une boîte de Pétri de 5 cm de diamètre, quadrillage orienté vers le haut, sans laisser d'air entre le filtre et le milieu de culture afin que la totalité du filtre soit en contact avec le milieu de culture ;
- ✓ Incuber à la température sélectionnée.

2.3. Analyse et traitement statistique des données

Les informations recueillies à partir de diverses analyses ont été saisies dans le tableur Excel 2013, suivi du calcul des moyennes et des écarts-types pour divers paramètres physico-chimiques, chimiques et microbiologiques des eaux de rivière examinées. Pour établir une distinction statistiquement significative entre les moyennes des paramètres examinés, la méthode de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) (Scherrer, 1984), associée aux tests de Fisher et LSD (Différence Minimale Significative), a été mise en œuvre avec le logiciel Statistix (version 10.8), en utilisant un niveau de confiance de 95 % (Saville, 1990). Les résultats obtenus sont exposés via des diagrammes et des tableaux afin de simplifier leur analyse et leur discussion.

Pour évaluer la qualité de l'eau des différentes rivières et sources examinées, la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) fondée sur la mesure des similarités entre les entités écologiques (Pwema, 2014) a été effectuée, en se basant sur les paramètres microbiologiques des eaux des rivières considérées dans le cadre de cette recherche (Kouamélan, 1999). Nous avons utilisé le logiciel Past pour établir le dendrogramme de similarité des rivières, Origin (version 6,1) ainsi qu'Excel 2013 pour la création des graphiques.

2. 4. Qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées

Les résultats sur la qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées dans le cadre de cette étude sont repris au tableau ci-dessous. Les données détaillées issues de différentes manipulations sont repris en annexe 1. L'annexe 2 reprend les résultats détaillés des analyses statistiques appliquées aux résultats relatifs aux paramètres microbiologiques de l'eau des rivières.

Tableau 1 : Qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées

Echantillons	Colonies des germes isolées (UFC/100 mL)				
	<i>Coliformes totaux</i>	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus spp</i>	Levures et moisissures	<i>Pseudomonas spp</i>
Tshinyo 1	2±0,67 ^d	0,33±0,44 ^d	0,33±0,44 ^b	0,33±0,44 ^c	0,67±0,89 ^b
Tshinyo 2	19,67±0,89 ^a	9,33±1,11 ^a	4,33±1,78 ^a	146±8 ^a	0,67±0,89 ^b
Tshanganzaw 1	5,33±0,44 ^b	3±0,67 ^{bc}	2±0,67 ^{ab}	11,67±1,56 ^b	25±2 ^a
Tshanganzaw 2	2±0,67 ^d	1±0,67 ^{cd}	1±0,67 ^b	0,67±0,89 ^c	0,33±0,44 ^b
Gapakasa 1	3±0,67 ^{cd}	2±0,67 ^{bcd}	1,33±1,11 ^b	12±2,67 ^b	0,67±0,89 ^b
Gapakasa 2	4,67±0,89 ^{bc}	4±1,33 ^b	1±0,67 ^b	3,33±1,11 ^{bc}	0,33±0,44 ^b
Norme de l'OMS	0 colonies / 100 ml	0 colonies / 100 ml	0 colonies / 100 ml	10 colonies /100 ml	0 colonies / 100 ml

Les résultats repris au tableau 1 ci-dessus montrent que l' eau des rivières étudiées est contaminée par quelques micro-organismes pathogènes et, la qualité microbiologique de cette dernière varie d' une rivière à l' autre et d' un point de prélèvement à l' autre. De manière générale, le taux des colonies acceptables selon les directives de l' OMS dans 100 ml d' eau de boisson est largement dépassé dans les échantillons analysés. Les informations sur la qualité microbiologique montre que:

- ✓ L' eau de la rivière Tshinyo au point 2 de prélèvement présente une contamination élevée (19,67±0,89 UFC/100 ml) en coliformes totaux avec une différence statistique très hautement significative (F = 138 ; p = 0,0000 ; LSD = 1,7790) suivie des eaux des rivières Tshanganzaw 1 (5,33±0,44 UFC/100 ml), Gapakasa 2 (4,67±0,89 UFC/100 ml) et Gapakasa 1 (3±0,67). Les eaux des rivières Tshinyo 1 (2±0,67 UFC/100 ml) et Tshanganzaw 2 (2±0,67 UFC/100 ml) sont faiblement contaminées par les coliformes totaux ;

- ✓ L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données microbiologiques sur la contamination en *Escherichia coli* met en évidence une différence statistique très hautement significative ($F = 19,6$; $p = 0,0000$) entre le nombre des différentes colonies dans les échantillons d' eaux des rivières étudiées. Avec une valeur critique de comparaison de 2,2581 ; le LSD test montre que l' eau de la rivière Tshinyo 2 est plus chargée ($9,33 \pm 1,11$ UFC/100 ml) en *Escherichia coli* suivie de la rivière Gapakasa ($24 \pm 1,33$ UFC/100 ml) puis la rivière Tshanganzaw 1 ($3 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et Gapakasa 1 ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml). Les eaux des rivières Tshanganzaw 2 ($1 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et Tshinyo 1 ($0,33 \pm 0,44$ UFC/100 ml) bien que contaminées sont faiblement chargées en *E. coli* ;
- ✓ La contamination en *Enterococcus spp* est signalée dans toutes les rivières prospectées où le taux le plus élevé de ces germes est signalé dans l' eau de la rivière Tshinyo 2 ($4,33 \pm 1,78$ UFC/100 ml) avec une différence statistique très hautement significative ($F = 3,00$; $p = 0,0552$; $LSD = 2,5159$) entre les différents taux relevés dans les rivières. L' eau des rivières Tshanganzaw 1 ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml) suivie de celle de la rivière Gapakasa 1 ($1,33 \pm 1,11$ UFC/100 ml) sont plus chargée que celles des rivières Gapakasa 1 ($1 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et Tshanganzaw 1 ($1 \pm 0,67$ UFC/100 ml) ;
- ✓ Une charge importante des levures et moisissures est observée l' eau de la rivière Tshinyo 2 (146 ± 8 UFC/100 ml) avec une différence statistique très hautement significative ($F = 402$; $p = 0,0000$; $LSD = 8,8454$) par rapport à celles relevées dans les autres rivières. Elle est suivie de la charge relevée dans les rivières Gapakasa 1 ($12 \pm 2,67$ UFC/100 ml) et Tshanganzaw 1 ($11,67 \pm 1,56$ UFC/100 ml). Les taux de ces germes relevés dans les autres rivières restent faibles ;
- ✓ L'eau de la rivière Tshanganzaw 1 (25 ± 2 UFC/100 ml) présente un taux de contamination en *Pseudomonas spp* plus élevée (25 ± 2 UFC/100 ml) avec une différence statistique très hautement significative ($F = 131$; $p = 0,0000$; $LSD = 2,6849$) par rapport aux eaux des autres rivières prospectées.

2.5. Variation de la contamination microbienne dans les rivières

5.1. Dans la rivière Tshinyo 1

De tous les micro-organismes isolés dans l' eau de la rivière Tshinyo 1, les coliformes totaux présentent un taux le plus élevé ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml) avec une différence statistique significative ($F = 2,35$; $p = 0,0246$; $LSD = 1,4854$) que le taux des *Pseudomonas spp* ($0,67 \pm 0,89$ UFC/100 ml) et autres micro-organismes isolés (figure 1).

Figure 1: Variation du taux de différents micro-organismes dénombrés dans les échantillons d' eaux de la rivière Tshinyo 1

5.2. Dans la rivière Tshinyo 2

Il ressort des résultats repris sur la figure 2 ci-dessous que les levures et moisissures présentent un taux de contamination les élevé (146 ± 8 UFC/100 ml) dans l' eau de la rivière Tshinyo 2 avec une différence statistique très hautement significative ($F = 425$; $p = 0,0000$; $LSD = 9,4649$) que le taux des coliformes totaux ($19,67 \pm 0,89$ UFC/100 ml) qui reste aussi élevée par rapport aux taux des autres micro-organismes dénombrés dans le cadre de cette étude.

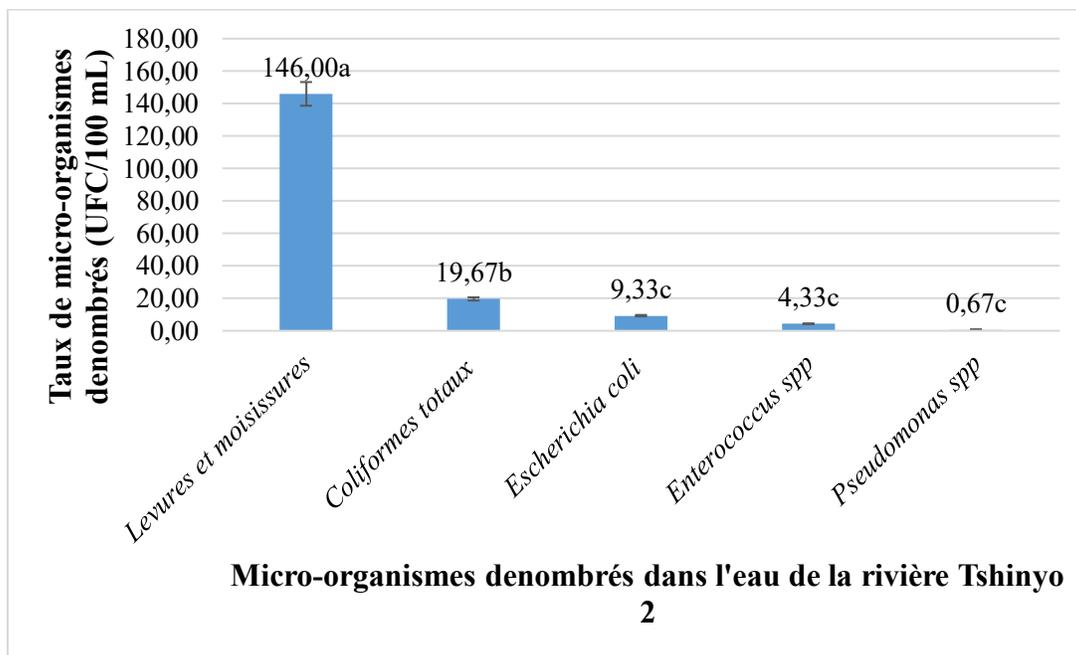


Figure 2: Variation du taux de différents micro-organismes dénombrés dans les échantillons d' eaux de la rivière Tshinyo 2

5.3. Dans la rivière Tshanganzaw 1

L'analyse de la variance appliquée aux taux de différents micro-organismes isolés dans l'eau de la rivière Tshanganzaw 1 met en évidence une différence statistique très hautement significative ($F = 86,4$; $p = 0,0000$) entre les valeurs moyennes obtenues. Avec une valeur critique de 3,2203 ; le LSD test montre que les *Pseudomonas spp* (avec 25 ± 2 UFC/100 ml) sont les micro-organismes les plus accumulés dans l'eau de la rivière Tshanganzaw 1 suivie des levures et moisissures ($11,67 \pm 1,56$ UFC/100 ml) puis les coliformes totaux ($5,33 \pm 0,44$ UFC/100 ml). Les taux de contamination d'*Escherichia coli* ($3 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et *Enterococcus spp* ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml) sont les plus faibles (figure 3).

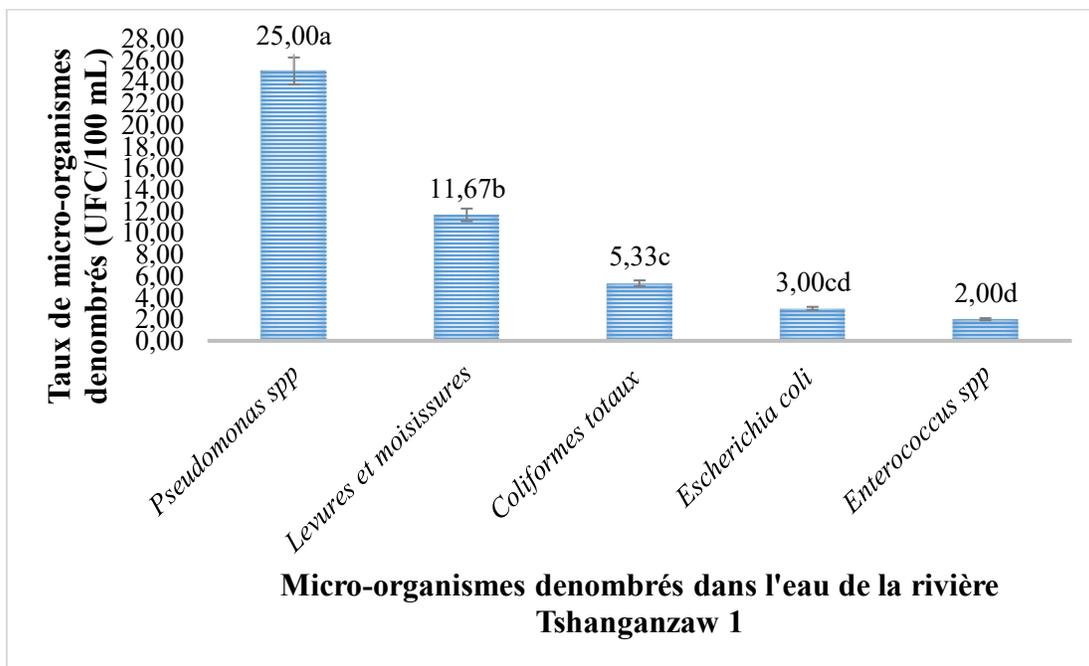


Figure 3: Variation du taux de différents micro-organismes dénombrés dans les échantillons d'eaux de la rivière Tshanganzaw 1

5.4. Dans la rivière Tshanganzaw 2

Les résultats repris sur la figure 4 ci-dessous montrent que l'eau de la rivière Tshanganzaw 2 est plus contaminée par les coliformes totaux ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml) suivie des germes *Escherichia coli* ($1 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et *Enterococcus spp* ($1 \pm 0,67$ UFC/100 ml) bien

que l'analyse de la variance à un facteur montre aucune différence statistique significative ($F = 1,25$; $p = 0,3512$; $LSD = 1,7576$) entre les taux de différents germes isolés dans l'eau.

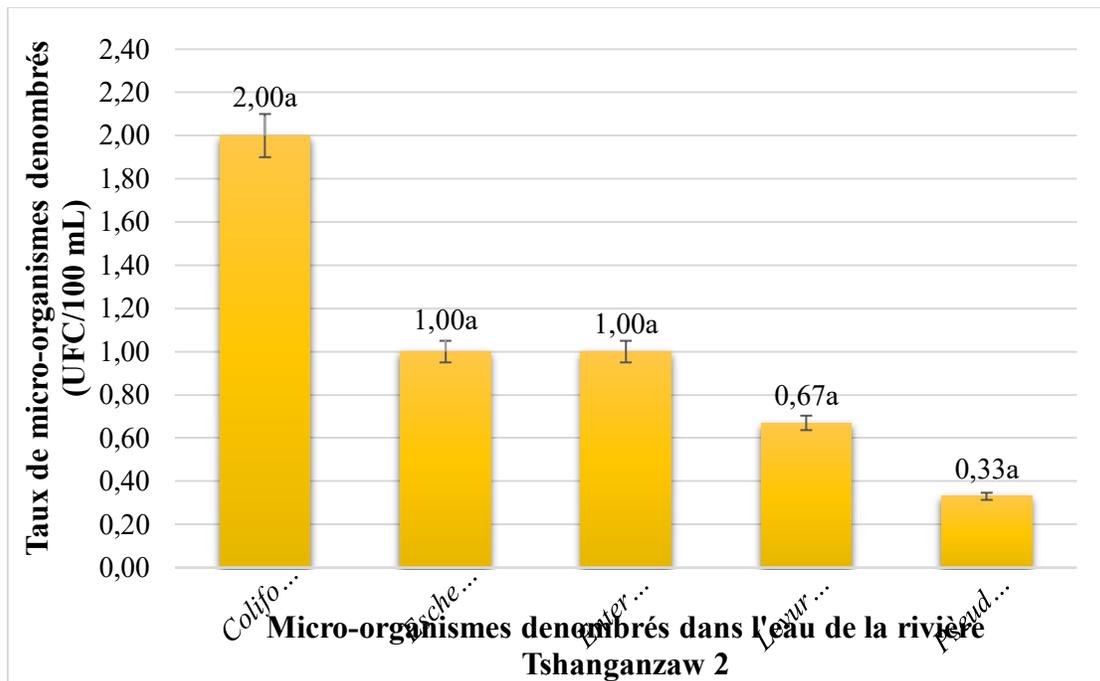


Figure 4: Variation du taux de différents micro-organismes dénombrés dans les échantillons d'eaux de la rivière Tshanganzaw 2

5.5. Dans la rivière Gapakasa 1

Il ressort des résultats repris sur la figure 5 ci-dessous que les levures avec $12 \pm 2,67$ UFC/100 ml sont les plus chargés dans l'eau de la rivière Kapakasa 1 avec une différence statistique très hautement significative ($F = 15,1$; $p = 0,0003$; $LSD = 3,7871$) par rapport aux taux des coliformes totaux ($3 \pm 0,67$ UFC/100 ml) et *Escherichia coli* ($2 \pm 0,67$ UFC/100 ml). Les taux d'*Enterococcus spp* ($1,33 \pm 1,11$ UFC/100 ml) et *Pseudomonas spp* ($0,67 \pm 0,89$ UFC/100 ml) sont les plus faibles.

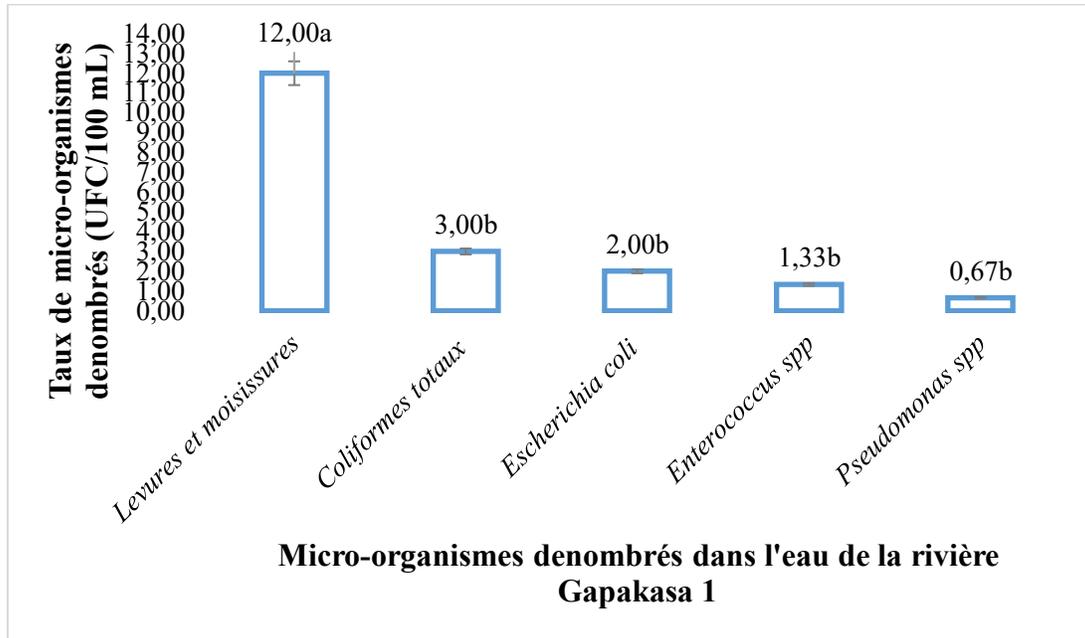


Figure 5: Variation du taux de différents micro-organismes denombés dans les échantillons d'eaux de la rivière Gapakasa 1

5.6. Dans la rivière Gapakasa 2

L'eau de la rivière Gapakasa 2 présente un taux de contamination microbiologique élevé et variable en différents germes isolés (figure 6). L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux taux de contamination des germes concernés montre que les coliformes totaux ($4,67 \pm 0,89$ UFC/100 ml) et *Escherichia coli* ($4 \pm 1,33$ UFC/100 ml) sont les plus chargés dans l'eau analysée avec une différence statistique hautement significative ($F = 6,02$; $p = 0,0099$; $LSD = 2,4408$) que le taux de contamination des autres micro-organismes ciblés dans le cadre de cette étude.

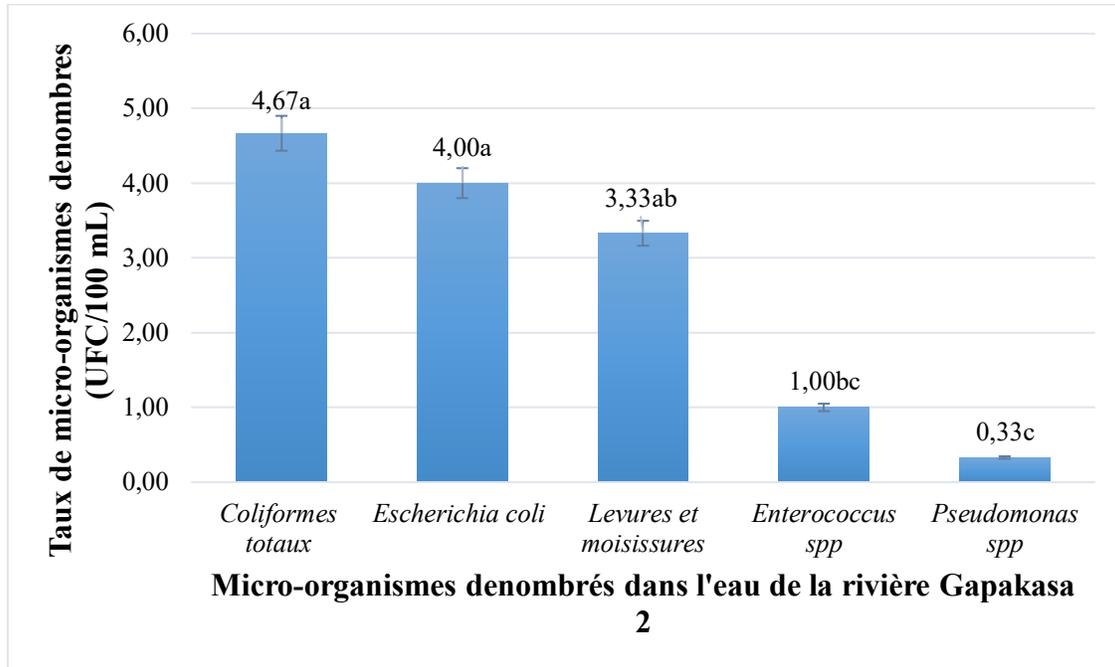


Figure 6: Variation du taux de différents micro-organismes denombés dans les échantillons d'eaux de la rivière Gapakasa 2

5.7.. Similarité de la qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées

Le dendrogramme de similarité de la qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées basé sur le taux de contamination des différents micro-organismes isolés montre que les rivières sont réparties en deux qualités distinctes avec une différence très hautement significative ($R^2 = 0,999$) (figure 7). Le premier groupe est constitué des rivières Tshanganza 1 et 2, Tshinyo 1, Gapakasa 1 et 2 qui sont proches de la norme OMS bien que le taux de contamination des micro-organismes dans l'eau reste supérieur que les valeurs normatives. Le deuxième groupe est constitué d'un seul cours d'eau, la rivière Tshinyo 2 dont la qualité microbiologique globale est de loin supérieure par rapport aux eaux des rivières et même de la norme OMS.

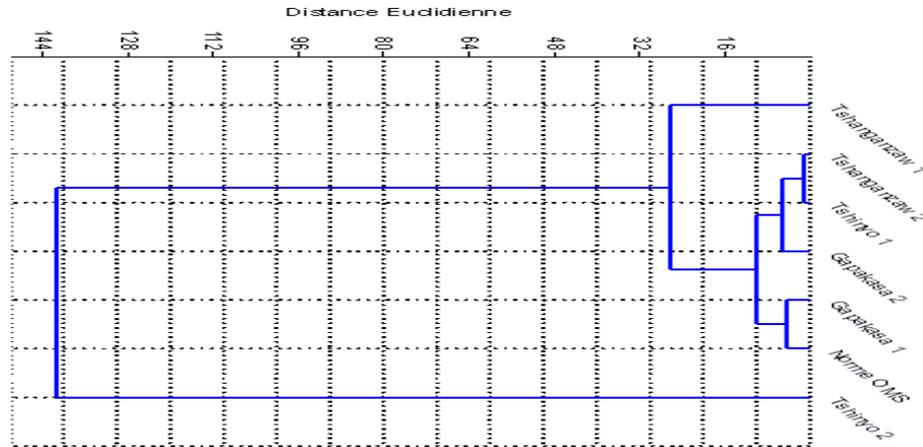


Figure 5.8. Similarité de la qualité microbiologique des eaux des rivières prospectées en comparaison avec la norme de l’OMS.

3. Discussion

Une Eau potable doit avoir les qualités favorables pour le bien être des êtres vivants ; cette qualité doit suivre les normes établies par l’ OMS (organisation mondiale de la santé) et l’ union européenne. Cette norme stipule qu’ une eau de qualité doit avoir des valeurs limites suivantes en taux de NO_3 ; PO_4 ; NH_4 ; 250mg/l ; $0,005\text{mg/l}$; $0,5\text{mg/l}$ en effet dans nos rivières les taux sont plus élevés’ et l’eau est impropre à l’ usage domestique . La présence de l’ ammoniac, de l’ ammonium dans l’ eau témoigne les signes d’ une pollution ; ce que souligne DERWICH et al. (2010) : « la présence de l’ ammonium dans l’ eau est signe d’ un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Il provient également de l’ excrétion des organismes vivants et de la réductions de l’ azote organique au cours de la biodégradation des déchets, sans négliger les apports directs d’ origine domestiques et agricoles. » la région de MUKEDI présente un déséquilibre sur la consommation de l’ eau domestique. Le pourcentage en phosphore est visible dans tous les échantillons prélevés, alors que les concentrations prouvent un indice de menace de la nappe phréatique. Selon les études de FAO (2005) : « les teneurs élevées sont liées à une intrusion de la nappe phréatique par les eaux de ruissellement. ». Le ruissellement concentré, les constructions anarchiques, les w.c. sur les pentes de nos rivières(gapakasa,thsinyo,thsangazau) justifie la situation dans la commune rurale.

Conclusion et Perspectives

L'analyse des eaux des rivières tshinyio, gapakasa et tshangazau décèle la présence des éléments chimiques et des microorganismes moins favorables à la santé humaine. Les Eaux ne répondent pas aux normes de l'OMS et occasionnent des maladies hydriques qui menacent souvent la population de mukedi et ses environs. Nous demandons à la population de le traiter avant l'usage domestique.

Références Bibliographiques

Anonyme., 2023. Mallette : Filtration sur membrane. 4 p.

Kouamélan E.P., 1999. L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons *Mormyridae* (*Teleostei*, *Osteoglossiformes*). *Thèse de Doctorat, Katholieke Universteit Leuven, Belgique*, 221 p.

Pielou E.C., 1984. The interpretation of ecological data. *Wiley. New York*.

Pwema K.V., 2014. Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces de *Labeo* Cuvier, 1987 dans les milieux lenticules et lotiques du Pool Malebo dans le fleuve Congo. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 163 p.

Saville D.J., 1990. Multiple comparaison procedures : the practical solution. *American Statistician*, 44 (2): 174-180.

Scherrer B., 1984. Biostatistique. *Gaëtan Marin : Québec*, 850 p.

ESSISO ASIA, méthode de la recherche en science sociale cours et inédit G2 SPA, FSSAP UNIKIS 2017

HAWA SAMAKE, « Analyse physico chimique et bactériologique au I.N.S des eaux de consommation de la ville de BAMAKO. » 2001 2002 (Mali) thèse présentée et soutenue à l'université de Bamako : faculté de Médecine, de pharmacie et d'odonto stomatologie pages 7/77

, LAMBERT R. 1989 : Microbiologie des aliments ,

MUNYAZPARA ANDY,2013 « Analyse et traitement des données .

DINGIDA, K. ; DIMBU,M.,MAKIAMFU ,M.(2015) .«la problématique de la consommation deonne l' eau dans la cité de Gungu » in luhangu/créativité, Annales de l' institut supérieur pédagogique de kenge ,n° 11(2) ,pp 107 118. COULIBALY L., DIOMANDE D.,

COULIBALY A.,GOURENE G.,(2004) : utilisation des ressources en eaux, assainissement et risques sanitaires dans les quartiers précaire de la commune de port Bouet (Abidjan, côte d' ivoire). Vestigo la revue en science de l' environnement,5(3) :11,DOI :10 4000 /Vertigo 3299.

KANON et Cie (2017) : caractérisation physico chimique et bactériologique des Eaux souterraines de Bingerville.