

# QUALITE DES EAUX DES SOURCES UTILISEES POUR LA CONSOMMATION ET USAGES MENAGERES DANS LA VILLE DE KISANGANI. « CAS DES EAUX DES SOURCES DE LA COMMUNE MAKISO »

**Iungbi Singa Nathan<sup>1\*</sup>, Iungbi Singa Lambert<sup>2</sup>, Mbileni Singa Judith<sup>3</sup>, Nagwago Anidigi Sylvie<sup>4</sup>, Bola Manonge Alice<sup>5</sup>**

*<sup>1\*</sup>Chef de travaux à l'ISP/Lubutu et à l'Université libre de Kisangani, responsable de la cellule eau et cellule Informatique de l'Université libre de Kisangani. Chercheur dans les domaines de la chimie analytique et environnemental (chimie des eaux et des plantes médicinales), gestion informatique, sante environnementale et statistiques*

*<sup>2</sup>Chef de travaux à l'ISP/Lubutu et à l'Université Libre de Kisangani. Docteur en Médecine, Master 1 en Santé publique et Master 2 en Théologie*

*<sup>3</sup>Assistante2 à l'ISP/Lubutu et Université Libre de Kisangani, chercheur dans le domaine de santé environnementale et santé communautaire.*

*<sup>4</sup>Assistante2 à l'ISP/Lubutu et à l'Université Libre de Kisangani, chercheur dans le domaine de santé environnementale et santé communautaire.*

*<sup>5</sup>Assistante2 à l'ISP/Lubutu et Université Libre de Kisangani, chercheur dans le domaine de biologie (Biotechnologie)*

**\*Corresponding Author:**

---

## Summary

*The purpose of this research is to determine the quality of the water sources used for consumption and household use in the Makiso commune in the city of Kisangani in the Democratic Republic of Congo.*

*The results found after the analysis prove that on the physico-chemical level, the waters of the sources analyzed, give values of pH, turbidity content, iron content, nitrite content and chloride ion content 100% in accordance with WHO standards while the temperature, nitrate content is non-compliant 87.5%*

*From the bacteriological quality point of view, all the waters from the sources analyzed are 50% compliant for total germs and 87.5% non-compliant for faecal coliforms, total coliforms and 100% non-compliant for salmonella, streptococci and Escherichia coli.*

*According to Feachem, all of these eight have medium quality while having intermediate consumption risks.*

*Thus, we draw the conclusion by saying that all the assumptions are confirmed and the objectives are achieved.*

## Resume

*La présente recherche a pour but de déterminer la qualité de l'eau des sources utilisées pour la consommation et usages ménagers dans la commune Makiso dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo.*

*Les résultats trouvés après l'analyse prouvent que sur le plan physico-chimique, les eaux des sources analysées, donnent des valeurs de pH, teneur en turbidité, teneur en fer, teneur en nitrite et teneur en ion chlorure à 100% conformes aux normes de l'OMS tandis que la température, teneur en nitrate est non conformes 87,5%*

*Du point de vu qualité bactériologique, l'ensemble des eaux des sources analysées sont conformes à 50% pour les germes totaux et non conformes à 87,5% pour les coliformes fécaux, coliformes totaux et à 100% non conformes pour les salmonella, les streptocoques et Escherichia coli.*

*Selon Feachem, toutes ces huit ont la qualité moyenne tout en ayant des risques intermédiaires de consommation.*

*Ainsi, nous tirons la conclusion en disant que toutes les hypothèses sont confirmées et les objectifs sont atteints.*

## 0. INTRODUCTION

### 0.1. Problématique

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie, vitale à l'homme et à la ville qu'il habite. Cette importance de l'eau à fait dire à saint Exupéry que « l'eau n'est pas à l'origine de la vie ; elle est la vie ». (Abdellatif, 2006)

La satisfaction des besoins en eau est fonction de la disponibilité de la ressource et surtout de sa qualité des activités humaines, du niveau de développement économique, de la démographie et du taux d'urbanisation. (Aka N & al, 2013)

L'eau est une substance minérale la plus répandue à la surface terrestre, elle recouvre ses  $\frac{3}{4}$  connus sous le nom d'hydrosphère. Elle est aussi le constituant majeur de la matière vivante englobée sous le terme de biosphère. L'eau est à l'origine de la vie sur terre, et elle est indispensable à la survie des êtres vivants, mais elle peut être un véhicule des maladies hydriques et un élément de destruction environnementale si elle est polluée. Aujourd'hui, la qualité de l'eau et l'environnement nous concerne tous, la qualité de l'eau et prioritairement une exigence de santé, c'est pourquoi, il est nécessaire de là traiter et de l'économiser. (Akil A. & al, 2014)

L'étude de l'eau a pour objet de déterminer ses possibilités d'utilisation ; elle comporte une analyse physico-chimique et un examen microbiologique. L'analyse physico-chimique fait connaître les emplois aux quels convient une eau donnée, besoins ménages (eau de cuisson ou de lavage...), besoins industriels (eau de réfrigération ou de fabrication, ...), elle décèle les eaux risquant d'exercer une action chimique sur les canalisations, elle facilite la mise au point des traitements qui supprimeront les inconvénients révélés. L'eau est un constituant fondamental de notre environnement, c'est le seul composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, gazeux) aux températures ordinaires. (X. Anglaret, E. Mortier, 2002)

Les Européens utilisent des milliards de mètres cubes d'eau chaque année, non seulement pour boire, mais également pour l'agriculture, la fabrication, le chauffage et le refroidissement, pour le tourisme ou encore d'autres secteurs de services. En présence de centaines de lacs d'eau douce, de fleuves et de sources d'eaux souterraines, l'approvisionnement en eau en Europe pourrait sembler inépuisable.

Cependant, la croissance démographique, l'urbanisation, la pollution et les conséquences du changement climatique, notamment des sécheresses persistantes, font peser une énorme pression sur les approvisionnements en eau en Europe et sur leur qualité.

En fait, le stress hydrique est une problématique qui touche des millions des personnes dans le monde, dont plus de 100 millions d'individus en Europe. Comme dans beaucoup d'autres régions du monde, les inquiétudes liées au stress hydrique et à la pénurie d'eau grandissant en Europe également, dans un contexte de risque accru de sécheresses s'expliquant par le changement climatique.

Près de 80% de l'exploitation de l'eau douce (pour boire et pour d'autres utilisations) en Europe provient des fleuves et des eaux souterraines, ce qui rend ces sources extrêmement vulnérables aux menaces posées par la surexploitation, la pollution et le changement climatique. Si certains pays comme la Grèce, le Portugal et l'Espagne ont déjà connu de graves sécheresses pendant les mois d'été, la pénurie d'eau commence à toucher également les régions du Nord, dont certaines régions du Royaume-Uni et d'Allemagne. (Brangeon S., 2015)

Depuis le 26 mai, les dirigeants de compagnies de distribution d'eau et d'assainissement, des responsables gouvernementaux, ainsi que des membres d'organisations non-gouvernementales sont à Dakar dans le cadre de la semaine africaine de l'eau. Si beaucoup de pays africains se battent pour se rapprocher des objectifs de millénaires pour développement en matière d'accès à l'eau potable, d'autres sont toujours à la traîne.

Selon une étude publiée par long Wateraid, plus d'un tiers d'africains n'ont toujours pas accès à l'eau potable, tandis que 70% vivent dans des zones qui manquent d'assainissement de base. Ces manque d'eau potable et les absences d'assainissement adéquat provoquent des problèmes de santé publique dans plusieurs pays, cela coute 50 milliards de dollars aux Africains en terme de soins de santé et de productivité.

Bien que la République Démocratique du Congo (RDC) soit le pays d'Afrique possédant les ressources hydrologiques les plus importantes, elle doit aujourd'hui faire face à une crise aiguë de l'approvisionnement en eau potable dont, seuls 26% de la population congolaise ont accès à une eau potable salubre, une estimation bien en dessous de la moyenne des 60% pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne alors qu'elle est considérée comme « le château de l'Afrique », grâce à ses cours d'eau. Carbonnelle, et al, 1987. A Kisangani, une ville entourée des eaux, cette eau a des qualités appréciables d'odeur et du gout. La crainte est presque sur toute étendue de la ville où il y a rareté des robinets dans certaines communes telles que commune de Lubunga, Kisangani, Kabondo et Mangobo dont vous trouverez dans une avenue moins de 8 robinets et cela entraine l'inaccessibilité à l'eau potable et ce qui pousse une majorité de la population de la ville de s'approvisionner aux sources d'eau non aménagées, dont la plupart ne sont pas consommable. (Cellule eau ULIKIS, 2020) Eu égard de tout ce qui précède, une question centrale de d'explicitier nos émotions dont : quelle est la qualité de l'eau de boisson et son influence sur la santé de la population de la commune Makiso dans la ville de Kisangani ?

De cette question principale s'ajoutent les deux secondaires selon lesquelles existe-elle des sources d'approvisionnement d'eau dans la commune de Makiso qui remplissent-les normes de potabilité de l'eau édictés par l'OMS ? Quelle est son impact sur la santé des consommateurs ?

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la santé des populations sur les maladies d'origine hydrique dans la ville de Kisangani.

Ainsi, nous poursuivrons les objectifs spécifiques selon lesquels :

- Déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources de consommation dans la commune de Makiso conformément aux normes
- Déterminer les risques qu'encourt la population consommatrice de ces eaux

Pour bien mener cette recherche, nous avons comme hypothèses :

- Les eaux de sources consommées dans la commune de Makiso ville de Kisangani ne seraient pas de bonne qualité et
- Elles entraîneraient des maladies hydriques dans la population.

Le dudit travail servira à la communauté comme support qui permettra l'amélioration de la qualité des eaux de sources de la commune Makiso enfin de les rendre potable

Y égard l'introduction et la conclusion, la présente recherche comporte deux parties :

- Première partie prend les généralités sur les eaux, milieu d'étude, matériels et méthodes
- La seconde partie se focalise sur la présentation des résultats, son interprétation et la discussion.

## **PREMIERE PARTI : CONSIDERATIONS GENERALES, MILIEU D'ETUDE, MATERIELS ET METHODES**

### **I.1. DEFINITION DE CONCEPTS**

#### **I.1.1. Eau**

Est un corps liquide à la température et à la pression ordinaires, incolore, inodore, insipide, dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.) et à celle des substances indésirables et toxiques (nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.).

**I.1.2. les eaux souterraines :** elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie. Elles constituent alors une nappe aquifère. De qualité constante, elles bénéficient également, vis-à-vis des pollutions, d'une meilleure protection que les eaux superficielles. Elles peuvent être captées à leur exutoire ou directement dans le sous-sol par forage. Les eaux tant souterraines que superficielles doivent bénéficier d'une protection réglementaire. Celle-ci est obligatoire pour tous les points de prélèvement ne bénéficiant pas d'une protection naturelle efficace. (Debabza, 2005)

**I.1.3. Eau de Source :** L'eau qui sort naturellement d'une source ; ou soit une eau d'origine souterraine, protégée et microbiologiquement saine.

**I.1.4. Les eaux de surface :** lorsque la ressource provient des nappes phréatiques, les prélèvements se font au moyen de puits ou de forages. Des réseaux d'observation qui permettent des études de qualité et de mesurer les débits, contribuent à cette gestion. On peut y distinguer les eaux de ruissellement qui se déplacent d'un endroit à un autre et les eaux stagnantes accumulées dans un endroit particulier tel qu'une mare, un lac, ou une flaque, ...

La qualité de ces eaux de surface est plus au moins acide, plus au moins chargées de particules de la terre ou de sol est souvent un élément important pour les cultivateurs, les pisciculteurs et les buveurs.

**I.1.5. L'eau de pluie :** elle n'est qu'une source temporaire, elle est produite par la rencontre des vents humides et d'un obstacle. Elle contient l'azote, de l'oxygène dissout, du chlorure de sodium, du magnésium, du calcium, de l'iode, du brome, du dioxyde de carbone, des carbonates, du nitrite, d'ammoniac, des phosphores et de la poussière.

On appelle ruissellement l'eau de pluie qui est recueillie par les ruisseaux et les rivières.

Le volume et la variation de ruissellement son influence principalement par les précipitations et leur distribution pour la grandeur, la forme, l'écorce et la topographie. (Dahel Zanat, 2009)

**I.1.6 Microbe :** Est un organisme vivant invisible à l'œil nu, ne peut être observé qu'à l'aide d'un microscope.

**I.1.7 Agent Pathogène :** Est un agent infectieux qui peut provoquer une maladie chez son hôte.

### **I.2. QUALITE DE L'EAU**

La qualité de l'eau desservie et consommée par la population doit respecter les normes en vigueur en matière de potabilité pour limiter le risque de maladies.

### I.2.1. Qualité microbiologique de l'eau

Plusieurs types de classifications existent pour la détermination de la qualité de l'eau de boisson parmi lesquelles nous avons l'échelle faite à partir de la norme de l'OMS et celle de FEACHEM. Ces deux types de classification sont celles qui ont été retenus pour l'étude (Feachem R. G & al 1983)

#### ❖ Directives de l'OMS

L'objectif principal des *Directives de qualité pour l'eau de boisson* est de protéger la santé publique. Selon la définition qui en est donnée par les Directives, une eau de boisson saine ne présente aucun risque notable pour la santé d'une personne qui la consommerait sur toute la durée de sa vie, compte tenu des variations de sensibilité éventuelles aux différents stades de la vie. Les directives présentent les recommandations de l'OMS pour la gestion des risques liés aux dangers pouvant affecter la sécurité sanitaire de l'eau de boisson. (Degremont, 1989)

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique. (Dos Santos S, Legrand T., 2007)

L'eau rurale ou péri-urbaine, en zones tropicales ou sub-tropicales, répond rarement aux normes de potabilité de l'Organisation Mondiale de la Santé : coliformes totaux au plus à 10 pour 100 ml d'eau; coliformes fécaux 0 pour 100 ml. Il est fortement recommandé de se rapprocher, le plus possible, de ces valeurs indicatives.

Cependant, l'OMS, en publiant ses « Directives de qualité pour l'eau de boisson », laisse aux Autorités compétentes des Etats le soin d'établir des normes nationales en fonction des contextes économique, socioculturel et écologique.

Les tableaux 1, 2 et 3 donnent la classification de la qualité de l'eau en tenant compte du nombre ces indicateurs microbiologiques trouvés dans les échantillons d'eau :

**Tableau 1 : Classification de la qualité de l'eau en fonction de nombre d'indicateurs [36].**

Nombre d'indicateurs	Type de pollution
0	Eau potable
1	Eau peu polluée
2	Eau moyennement polluée
3 et plus	Eau très polluée

**Tableau 2 : Classification de l'eau en fonction de risque pour la santé [26].**

Coliformes fécaux/ 100ml	Risque pour la santé	Niveau d'intervention
0	Sans risque	Aucune action
1 à 10	Bas risque	Aucune action
11 à 100	Risque intermédiaire	Action faiblement prioritaire
101 à 1000	Haut risque	Action plus fortement prioritaire
Plus de 1000	Très haut risque	Action urgente requise

**Tableau 3 : Risque associé à la contamination fécale de l'eau de boisson**

Niveau de <i>E. coli</i> (CFU/100 mL)	Risque	Action recommandée
0-10	Qualité raisonnable	L'eau peut être consommée telle quelle
11-100	Pollué	Traiter si possible, mais peut être consommée telle quelle
101-1 000	Dangereuse	Doit être traitée
>1000	Très dangereuse	A rejeter ou à traiter intensivement

### I.3. Normes de potabilité d'eau

#### I.3.1. Normes physico-chimiques de qualité de l'eau

Les normes physico-chimiques de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine ne subissent pas trop de variation les unes par rapport aux autres. Le tableau 2 présente la concentration maximale admissible selon les normes de l'OMS (2011) et de l'UE (2007).

**Tableau 4 : Concentration maximale admissible dans l'eau destinée à la consommation humaine**

Paramètres	Unité	OMS	UE
pH	Unité pH	6.5- 8.5	6.5-9.5
Conductivité à 20 °C	µS/cm	< 1200	<1250
Température	°C	22 - 25	25
Couleur vraie	UC	< 15	APC
Odeur	Seuil		APC
Turbidité	NTU	< 5	0.5
TDS	mg/l	< 600	PVG
Alcalinité phénolphtaléine	mg/l	PVG	PVG
Alcalinité totale	mg/l	PVG	PVG
Bicarbonates	mg/l	PVG	PVG
Carbonates	mg/l	PVG	PVG
Calcium	mg/l	100	100

Dureté calcique	mg/l	PVG	PVG
Dureté magnésienne	mg/l	PVG	PVG
Dureté totale	mg/l	100- 300	PVG
Salinité	mg/l	PVG	PVG
Sodium	mg/l	< 200	200
Nitrites	mg/l	< 0.2	0.5
Nitrates	mg/l	<50	50
Sulfates	mg/l	< 250	250
Fluorure	ug/l	<1500	1500
Chlorure	mg/l	< 250	250
Aluminium	mg/l	< 0.2	0.2
Ammonium	mg/l	PVG	0,5
Fer	mg/l	< 0.2	0.2
Magnésium	mg/l	< 50	50
Manganèse	mg/l	<0.1	0.05
Arsenic	ug/l	10	10
Cuivre	mg/l	< 2	2
Zinc	mg/l	<3	PVG
Cyanure	mg/l	<0,2	0,2
Phosphate	mg/l	0,02	1
Oxydabilité (O <sub>2</sub> au KMnO <sub>4</sub> ) en mg/l	mg/l	5	5

Légende : PVG=Pas de valeur Guide ; ACP= Acceptable pour consommateur

### I.5. Normes microbiologiques de la qualité de l'eau

Les directives de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses.

Elles s'appuient, en général, sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA). Sur cette base, on calcule la quantité maximale de chacun des composants, laquelle peut être apportée par l'eau, en prenant une confortable marge de sécurité. C'est le principe de précaution.

Ainsi, le tableau ci-dessous consigne les directives microbiologiques de l'eau établies par l'OMS.

**Tableau 5 : Directives de potabilité microbiologique de l'eau selon l'OMS (2011)**

Micro-organisme	Nombre de micro-organisme dans un volume d'eau
<i>Escherichia coli</i>	Absence dans 100 ml d'eau
Streptocoques fécaux	Absence dans 100 ml d'eau
Coliformes fécaux	Absence dans 100 ml d'eau
<i>Clostridium sulfo-réducteur</i>	Absence dans 100 ml d'eau

Bien que l'OMS, en publiant ses « Directives de qualité pour l'eau de boisson », laisse aux autorités étatiques le soin d'établir des normes nationales, en fonction des contextes économique, socio-culturel et écologique, tel est le cas de l'OCC en RD Congo.

**Tableau 6 : Normes de potabilité de l'eau de distribution nationale en RD Congo (OCC, 2013)**

Germes	Concentration maximale admissible dans l'eau
Coliformes fécaux (nombre / 100 ml)	< 10
Streptocoques fécaux (nombre / 100 ml)	< 10
Coliformes totaux (nombre / 100 ml)	< 10
<i>Escherichia coli</i> (nombre / 100 ml)	0
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> (nombre/100ml)	< 10
Bactériophages fécaux (nombre / 100 ml)	0
Streptocoques pathogènes (nombre / 100ml)	0
Staphylocoques (nombre/100ml)	0
- <i>Salmonella</i> (nombre / 100 ml)	0
- <i>Shigella</i> (nombre/ 100ml)	0
- <i>Vibrio cholera</i> (nombre/100ml)	0
- Flores aérobies mésophiles (germes totaux) : Nombre /100ml	< 1000

### I.3. Problème d'eau de consommation dans la ville de Kisangani

Bien que faisant partie de la République Démocratique du Congo possédant une grande quantité de ressource en eau comme le fleuve Congo, rivière Tshopo, rivière Lindi qui la traversent, depuis un certain temps, depuis le début des années 2000, la ville de Kisangani subit d'énormes problèmes d'eau, surtout celles potables.

Cette situation impacte le quotidien des Boyomais sur plusieurs plans et beaucoup plus au niveau des ménages et eau de boisson. Elle provoque plusieurs maux, surtout des maladies hydriques, des maladies des mains sales, des maladies des

dermatologiques et tant autres, cela est causé suite à l’agrandissement de la ville dont plusieurs coins n’arrivent pas à être servis par la REGIDESO, à mauvais entretien des tuyauteries de la REGIDESO qui date depuis les années 1960, à la mauvaise urbanisation des ménages dont les installations hygiéniques sont passées sur les voix de conditionnement d’eau de la REGIDESO, la coupure en répétition du courant et de l’eau de robinet qui font à ce qu’il y ait probabilité des métaux lourds et autres.

Vu la gravité de cette situation, plusieurs personnes font recours aux eaux souterraines pour s’approvisionner. D’après une étude que nous avons menée en 2016 dans la ville de Kisangani, nous nous sommes abouti à de conclusion telle que :

Seulement 41,78% de la population de la ville de Kisangani utilise normalement l’eau de robinet pour toute sorte de travaux, 33,21% font recours aux eaux des sources, 17,01% utilisent eaux de puits et 8,00% font recours aux eaux de fleuve et rivières. (Cellule eau ULIKIS, 2018)

**I.3.2. Paramètres usuels déterminants la qualité d’une eau de consommation**

Pour déterminer la qualité d’une potable ou de consommation humaine, on se base sur quelques paramètres suivants :

- Paramètres physiques et organoleptiques : Température, turbidité, coloration, la saveur,...
- Paramètres physico-chimiques : conductivité, pH, matières organiques, chlore, THA, THC, dureté totale, potassium, sodium, azote, Fer, DBO, DCO...
- Ions toxique : Nitrate, Nitrite, ...
- Paramètres bactériologiques : Coliformes totaux, germes totaux, *Escherichia coli*,...

**Tableau n°7 synthèse des paramètres Physico-chimiques analysés**

Paramètres analysés	Elément analysé
Physiques	Couleur, température, turbidité, odeur, ...
Physico-chimiques et ions toxiques	pH, Conductivité, MO, Alcalinité, TAC, TA, Cl <sup>-</sup> , ...
Bactériologiques	Coliformes totaux, Germes totaux, <i>Escherichia coli</i> ,...

**I.4. Maladies hydriques**

Une eau claire et limpide à vue d’œil peut être porteuse d’agents pathogènes ou vecteurs de maladies communément appelée maladies d’origines hydriques. Un auteur a démontré que toute eau contenant des agents pathogènes, consommée par un individu, occasionnerait un risque microbiologique pouvant entraîner une exposition à une maladie.

Définies comme étant des maladies causées par l’ingestion ou le contact avec des eaux de mauvaises qualités (insalubres), les maladies hydriques sont celles qui déciment le plus la population rurale dans les régions africaines. Ces maladies sont provoquées par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques Ces maladies sont répertoriées en quatre grands groupes :

- Les maladies hydriques ou les maladies de l’eau sale : ce sont des maladies causées par la consommation d’une eau sale ou d’une eau contenant des déchets humains ou chimiques ; On peut donc noter la fièvre typhoïde, les affections de diarrhéiques ;
- Les maladies à support hydriques qui sont causées par les vers. On a donc dans cette catégorie, les maladies comme la bilharziose, les plathelminthes ;
- Les maladies dues aux vecteurs liés à l’eau : ce sont des maladies dues à l’intervention d’un vecteur appelé agent pathogène. On peut donc citer le paludisme, ou la dengue ;
- Les maladies aggravées par la pénurie de l’eau : dans cette catégorie on retrouve le VIH, la tuberculose ou encore le trachome.

**Tableau 8 : Quelques agents pathogènes, maladies et symptômes associés (OMS, 2013).**

Groupes	Pathogènes	Maladies et symptômes
Bactéries	<i>Aeromonas spp</i>	Entérite
	<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	Campylobactériose : diarrhée, crampes, douleurs abdominales, fièvre, nausée, arthrite ; syndrome de Guillain-Barré.
	<i>Escherichia coli</i>	Entérite
	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Entérite
	<i>Samonella typhi/paratyphi</i>	Fièvre typhoïde/paratyphoïde, maux de tête, fièvre, malaise, anorexie, bradycardie, splénomégalie, toux. Salmonellose : diarrhée, fièvre, crampes Abdominales. Shigellose : dysenterie (diarrhée sanglante), vomissements, crampes, fièvre; syndrome de Reiter.
	<i>Salmonella spp</i>	Cholera : diarrhée aqueuse, létale dans les cas graves et non traités.
	<i>Shigella spp.</i>	Yersiniose : fièvre, douleur abdominale, diarrhée, douleurs articulaires, rash.
Virus	Adénovirus entérique	Entérite
	Astrovirus	Entérite
	Calicivirus (norovirus)	Entérite

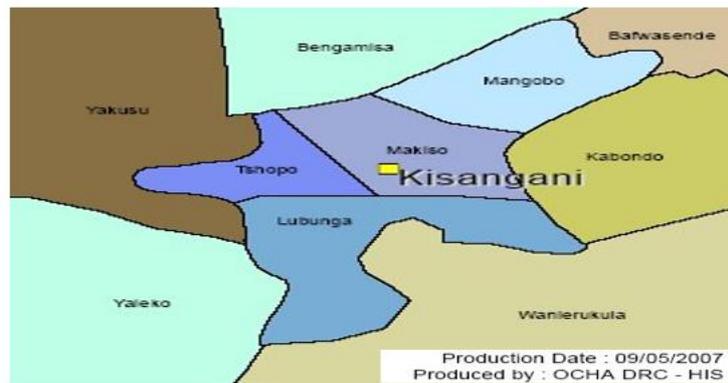
	Coxsackievirus Echovirus Entérovirus types 68-71	infection respiratoire ; entérite ; méningite virale Méningite aseptique ; encéphalite : souvent Asymptomatique Méningite ; encéphalite ; paralysie
	Virus de l'hépatite A Virus de l'hépatite E Poliovirus Rotavirus	Hépatite : fièvre, malaise, anorexie, nausée, gêne abdominale, ictère Hépatite Poliomyélite : souvent asymptomatique, fièvre, nausée, vomissement, maux de tête, paralysie Entérite
Helminthes	<i>Cryptosporidium sp</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia intestinalis</i> Ascaris lumbricoides <i>Taenia solium/saginata</i> <i>Trichuris trichiura</i> <i>Ancylostomaduodenale americanus</i> (ver à crochets) <i>Schistosoma spp</i> (douve)	Cryptosporidiose : diarrhée aqueuse, crampes et douleurs abdominales. Amibiase : souvent asymptomatique ; dysenterie, gêne abdominale, fièvre frisson. Giardiase : diarrhée, crampes abdominales, malaise, perte de poids. Ascariadiase : respiration sifflante, toux, fièvre, eosinophilie pulmonaire Taeniase Richiuriase : d'asymptomatique (vague détresse du tractus digestif) à l'émaciation avec peau sèche et diarrhée. Prurit, rash, toux, anémie, déficience protéique Schistosomiase, bilharziose

**Tableau 9 : Classification du risque de l'eau pour la santé (WHO, 1997).**

Nombre des C.F par 100 ml	Risque pour la santé
0	Sans risque
1-10	Bas risque
11-100	Risque intermédiaire
101-1000	Haut risque
>1000	Très haut risque

**II.1.1. Présentation de la ville de Kisangani**

**1. Situation géographique**



**Fig 2.** Carte géographique de la ville de Kisanga

La ville de Kisangani est le chef-lieu de la province de la Tshopo située au Nord-est de la République Démocratique du Congo. Elle est constituée de 6 communes urbano-rurales:

**Mangobo, Makiso, Kisangani, Kabondo, Tchopo, Lubunga et secteur lubuya bera** sur une superficie de 1910 Km<sup>2</sup>. Sa population s'élève à 1,709 million d'habitants (2018), soit une densité de 895 habitants par Km<sup>2</sup>.

Outre le fleuve Congo qui longe la ville de Kisangani dans ses limites Nord-est et Sud-est, la ville de Kisangani est parcourue par plusieurs rivières et ruisseaux.

Le relief est dominé par la plaine qui s'étend au Sud-ouest dont l'altitude est comprise entre 200 à 500m et qui se situe dans la cuvette centrale, province de la Tshopo.

Le climat est de type équatorial continental, caractérisé par les précipitations durant toute l'année, sans saison sèche déterminée, cette zone équatoriale englobe la quasi-totalité de la Tshopo et s'étend jusqu'au Sud des Uélé.

La ville de Kisangani est limitée au nord par le territoire de Banalia, au nord-est par le territoire de Bafwasende, à l'ouest par le territoire d'Opala, au nord-ouest par le territoire d'Isangi et au sud par le territoire d'Ubundu. Elle est située à 00° 31' latitude nord et 25° 11' longitude est. L'altitude est de 447 mètres et sa superficie est de 1 910 km<sup>2</sup> d'après l'Institut National de Statistique (INS). Sa météo varie de 24 à 30° (Mairie Kisangani, 2022)

**II.2. Matériels et Méthodes**

**II.2.1. Prélèvement**

Pour n'est pas faire la confusion des échantillons lors de conservation, nous avons étiqueté chaque échantillon lors de prélèvement avant de le ramener au laboratoire pour une bonne conservation à la température ambiante pour attendre les analyses.

Les échantillons pour la physico-chimie ont été prélevés dans des flacons en plastique à un volume d'un litre pour une analyse complète. Nous avons utilisé pour les prélèvements destinés aux analyses bactériologiques des Erlen meyers stériles de 250ml dans les conditions aseptiques requises. Après le prélèvement, les Erlen meyers ont été lisiblement étiquetés et mis dans la glacière et amenés au laboratoire pour les analyses, accompagnés d'une note portant tous les renseignements nécessaires.

**Tableau n°3. Les sources d'eaux échantillonnées dans la commune Makiso**

N°	Source	Commune	Coordonnées géographiques	
01	Aspiro	Makiso	N 00°C 31' 21'' 0'';	E 025°C 08' 10'' 2''
02	Batam	Makiso	N 00°C 30' 43'' 7'' ;	E 025°C 10' 27'' 7''
03	Shaumba	Makiso	N 00°C 30' 56'' 5'' ;	E 025°C 10' 37'' 6''
04	Stanley	Makiso	N 00°C 30' 32'' 5'' ;	E 025°C 11' 21'' 4''
05	Barlovalt	Makiso	N 00°C 31' 03'' 0'' ;	E 025°C 11' 46'' 2''
06	Saio	Makiso	N 00°C 31' 56'' 6'' ;	E 025°C 11' 19'' 2''
07	Kpengenyeke	Makiso	N 00°C 32' 51'' 6'' ;	E 025°C 12' 32'' 6''
08	Deux Gallards	Makiso	N 00°C 30' 16'' 9'' ;	E 025°C 12' 49'' 0''



**Fig 7. Prélèvement d'échantillon pour les analyses physico-chimiques**



**Fig 9. Prélèvement des échantillons pour la microbiologie**

**II.2.1. Matériel d'étude**

Notre matériel d'étude est constitué des échantillons d'eau des sources de utilisées et consommées par les habitats de la ville de Kisangani.



**Fig 4. Source d'eau Saïo dans la commune Makiso**

En dehors de l'eau, nous avons aussi utilisé d'autres matériels d'accompagnement tels que : Bocal en plastique de 1,5litre , Erlenmeyer de 250ml, glacière, moto, pHmètre, Thermomètre, Turbidimètre, GPS, colorimètre, balance, bain marie, autoclave, béché, étuve, conductimètre, éprouvette gradué, burette, bec benzène, spectrophomètre, ...

### II.3. Conservation des échantillons

#### II.3.1. Physico-chimique

Les échantillons prélevés sont conservés dans des bocaux en plastique de 1,5 litres bien nettoyés et rincés par les eaux à analyser et fermés, puis étiquetés selon les sites de prélèvement avant d'être acheminer au laboratoire pour les analyses. Sur le lieu de prélèvement avant la conservation, nous avons prélevé directement le pH, le chlore et la température. Ensuite les échantillons sont mis dans des frigo box (glacière) bien nettoyés tout en y ajoutant une quantité d'eau de la même source pour garder la température, puis acheminés au laboratoire où ils sont conservé pour attendre les analyses.



Fig 8. Frigo box de conservation pour les analyses physico-chimiques

Les échantillons pour la bactériologie sont conservés dans des bocaux à plastique de 500ml stérilisés au laboratoire de bactériologie puis bien conservé dans la marmite de conservation possédant 8 places pour 8 bocaux, bien étiquetés selon les sources, puis acheminés au laboratoire bactériologique de la faculté des Sciences de l'UNIKIS pour poursuivre les analyses.



Fig 10. Conservation des échantillons microbiologique

## II. 4. Méthodes d'analyse

### II.4.1. Paramètres physico-chimiques

Les méthodes utilisées par paramètre sont les suivantes : le pH est déterminé sur le terrain avec un pH-mètre WTW 330i/SET avec une précision de 0,1 ; les composés azotés (nitrates, nitrites) : les nitrates sont dosés au nitriver 5 (méthode de réduction du cadmium), les nitrites au nitriver 3 (méthode de diazotisation). La précision est de  $\pm 0,03$  mg l N pour les nitrates,  $\pm 0,0011$  mg l N pour les nitrites ; La turbidité est mesurée à partir d'un néphélomètre avec le détecteur installé au côté du faisceau lumineux. Plus de lumière atteint le détecteur s'il y a un bon nombre de petites particules dispersant le faisceau de source que s'il y a peu ; la dureté totale a été déterminée grâce à un spectrophotomètre DR/4000, avec la longueur d'onde de 522 nm ;

Le dosage de fer a été possible grâce à un spectrophotomètre DR/4000, avec la longueur d'onde de 562 nm ; La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (HACH. 2000). Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques. Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et bicarbonates.

### II.4.2. Paramètres Bactériologiques

#### II.4.2.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

Les coliformes fécaux ont été dénombrés dans le bouillon de lauryl sulfate selon la technique de filtration sur membrane. Cette méthode consiste à faire passer 100 ml au travers d'une membrane filtrante (une membrane Millipore dont la porosité moyenne est de  $0,45 \mu\text{m}$  à  $0,22 \mu\text{m}$ ) sur laquelle sont retenus les microorganismes recherchés. Après filtration, cette membrane est déposée dans une boîte de Pétri contenant un milieu de bouillon de lauryl sulfate. Après 18 heures ou 24 heures d'incubation à  $44^\circ\text{C}$ , les coliformes fécaux se multiplient plusieurs fois et forment des colonies qu'on peut apercevoir à l'œil nu. On reconnaît les coliformes fécaux par leur capacité à changer la couleur (du rouge au jaune) du

milieu de culture à 44°C. On enregistrera les résultats par unités de colonies formées par 100ml d'eau (CFU/100ml) (CUQ, 2010 ; LAMBERT, 1989).

**II.4.2.2. Dénombrement des streptocoques fécaux.**

Les streptocoques fécaux ont été dénombrés dans le milieu de Bile Esculine Azide selon la technique décrite ci-dessus. Après 24 heures d'incubation à 37°C, sur ce milieu, ces germes présentent un pigment noir, des colonies qu'on peut apercevoir à l'oeil nu. On enregistre les résultats par unités de colonies formées par 100ml d'eau (CFU/100ml) (LAMBERT, 1989 ; CUQ, 2010).

**II.4.2.3. Isolement et dénombrement de E. coli**

L'Escherichia coli a été isolé et dénombré sur le milieu Luria Bertani(LB). Le milieu LB favorise une croissance luxueuse des cellules d'E. coli, car la tryptone et l'extrait de levure fournissent des facteurs de croissance essentiels que les cellules d'E. coli devraient autrement synthétiser.

**II.4.2.4. Recherche de Salmonella**

La mise en évidence des *Salmonella* nécessite plusieurs phases ou étapes :

- Un pré-enrichissement (revivification) qui est facultatif pour les produits non soumis à certains types de traitements technologiques susceptibles de "stresser" les bactéries ;
- Un enrichissement sélectif (obligatoire) ;
- Un isolement sélectif.

**a) Pré-enrichissement**

Ainsi, 5 ml d'échantillons d'eau sont mélangés dans 45 ml de milieu d'eau peptonée tamponnée (pré-enrichissement) pendant 2 minutes. L'incubation est réalisée pendant 24 h à 37°C.

**b) Enrichissement**

Il a consisté à enrichir 25ml d'eau à analyser dans 50ml de bouillon Rappaport-Vassiliadis et à incuber le mélange obtenu à 37°C pendant 18-24 heures.

**c) Isolement**

La gélose SS a été ensemencée par stries à partir du Bouillon Rappaport-Vassiliadis. Après 48 h d'incubation à 37°C, les colonies se présentent sous les aspects suivants : colonies incolores lactose- (*Salmonella*) ou colonies à centre noir brillant (*Salmonella*).

**II.4.3. Technique de Traitement**

L'échantillon prélevé aux différentes sources de la commune de Makiso a été transporté au laboratoire de biotechnologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani pour qu'elle soit analysé, et ces données ont été traités par les logiciels SPSS et Excel.

**II.5 Variables de la Recherche**

Les paramètres physico-chimiques (les valeurs de pH, température, chlore libre, TA, TAC, THt, matières en suspension de l'eau, teneur en turbidité, teneur en fer, teneur en nitrite, teneur en ion chlorure, et teneur en nitrate)

Les paramètres bactériologiques : les coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, Escherichia coli et salmonella. (KAZADI M Z, 2012)

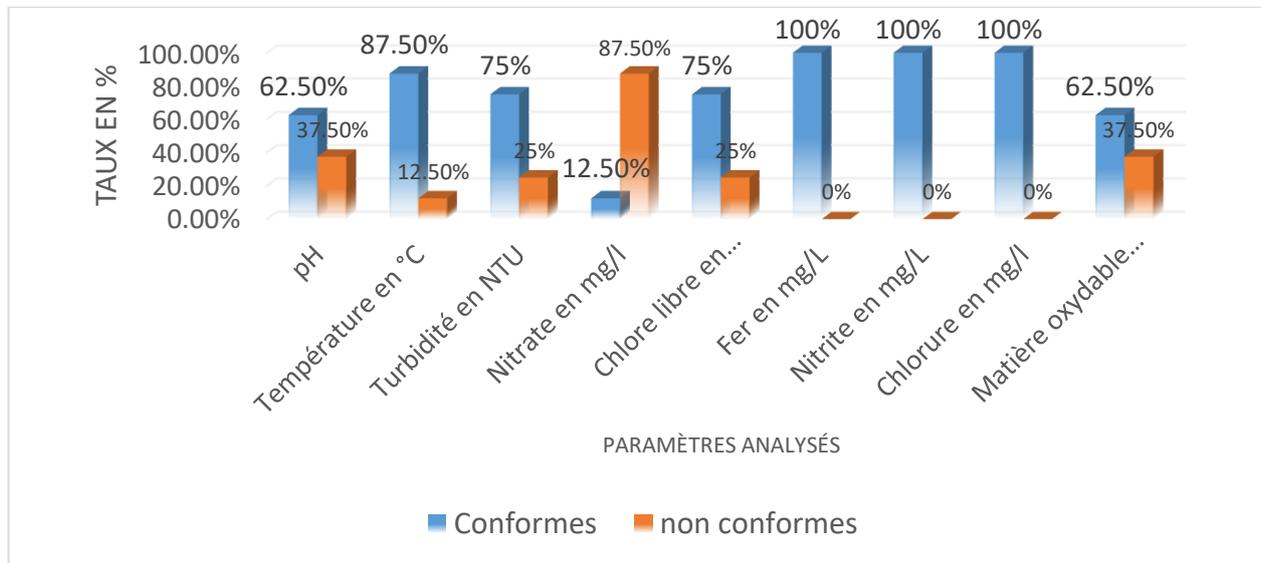
**DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DES RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

**III.1. Physico-chimiques**

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de source analysées de la commune Makiso sont présentés dans le tableau en annexe tandis que les synthèses de ces résultats sont reprises dans le tableau 5 et la figure I

**Tableau 5. Appréciation de la qualité physico chimique des eaux des sources analysées**

Paramètres recherchés	Valeurs des paramètres			Taux de conformité en %	
	valeur Min-Max	Moy	Critère	Conformes	non conformes
Ph	5,8- 7,5	6,4875	6,5-8,5	62,5	37,5
Température en °C	24-27	25,625	25	87,5	12,5
Turbidité en NTU	3,2-6,2	4,4375	<5	75	25
Nitrate en mg/l	45-95	67,625	<50	12,5	87,5
Chlore libre en mg/L	0-0,2	0,1125	< 0,3	75	25
Fer en mg/L	0,04-0,09	0,07125	< 0,3	100	0
Nitrite en mg/L	0,01-0,02	0,01375	< 0,1	100	0
Chlorure en mg/l	14,2-49,7	32,83	<250	100	0
Matière oxydable en mg/l	5-8,8	5,5	<5	62,5	37,5



**Fig10 :** Le taux de conformité et de non-conformité des paramètres étudiés

Le tableau 5 et de la figure I montrent que dans l'ensemble des eaux des sources analysées, les valeurs de teneur en fer, teneur en nitrite et teneur en ion chlorure sont à 100% conformes aux normes de l'OMS tandis que le pH, la température, turbidité, teneur en nitrate, chlore libre et en matière oxydable sont conformes respectivement en 62,5% ; 87,5%, 75%, 12,5%, 75% et 62,5%

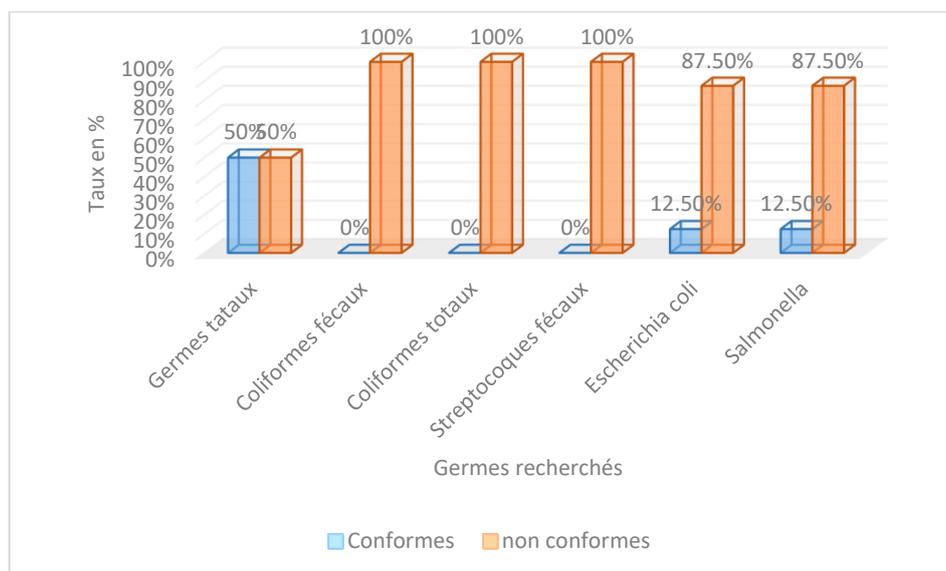
### III.2 Résultats bactériologiques

#### III.2.1. Qualité bactériologique d'eaux de différentes sources de Makiso

Les résultats des paramètres bactériologiques des eaux de boisson provenant des sources de la commune Makiso sont décrits dans le tableau en annexe tandis que la synthèse de ces résultats sont représentés dans le tableau 6 et la figure II.

**Tableau 6** Appréciation de la qualité bactériologique des eaux des sources de Makiso

Germes recherchés	Nombre de germes en UFC/ml			Taux de conformité en %	
	valeur Min-Max	Moy	Critère	Conforme	non conformes
Germes tatau	74,67-140,3	98,92	100	50	50
Coliformes fécaux	26,33-57	42,417	0	0	100
Coliformes totaux	38-87,33	61,79	0	0	100
Streptocoques fécaux	19,333-50,667	31,348	0	0	100
Escherichia coli	0-2,33	1,46	0	12,5	87,5
Salmonella	0-7,333	2,542	0	12,5	87,5



**Figure II :** Le taux de conformité et de non-conformité des paramètres étudiés

Nous observons dans le tableau 6 et de la figure II que dans l'ensemble des eaux des sources analysées de la commune Makiso les germes totaux sont conformes à 50%, Escherichia coli et salmonella à 12,5% tandis les coliformes fécaux, coliformes totaux streptocoque sont non conformes à

**Tableau 7 Qualité des eaux des sources analysées selon Feachem**

Source	Moyenne de CF/100ml	Qualité selon Féachem
Aspiro	26,33	Moyenne
Batam	35	Moyenne
Shaumba	49,33	Moyenne
Stanley	39	Moyenne
Barlovalt	42,6	Moyenne
Saio	40,6	Moyenne
Kpengenyeke	57	Moyenne
Deux Gallards	49	Moyenne

Le tableau 7 montre que toutes les sources analysées de la commune Makiso sont moyenne bonne qualité.

**Tableau 8 : Risque pour les consommateurs**

Source	Moyenne de CF/100ml	Risque selon OMS
Aspiro	26,33	Risque intermédiaire
Batam	35	Risque intermédiaire
Shaumba	49,33	Risque intermédiaire
Stanley	39	Risque intermédiaire
Barlovalt	42,6	Risque intermédiaire
Saio	40,6	Risque intermédiaire
Kpengenyeke	57	Risque intermédiaire
Deux Gallards	49	Risque intermédiaire

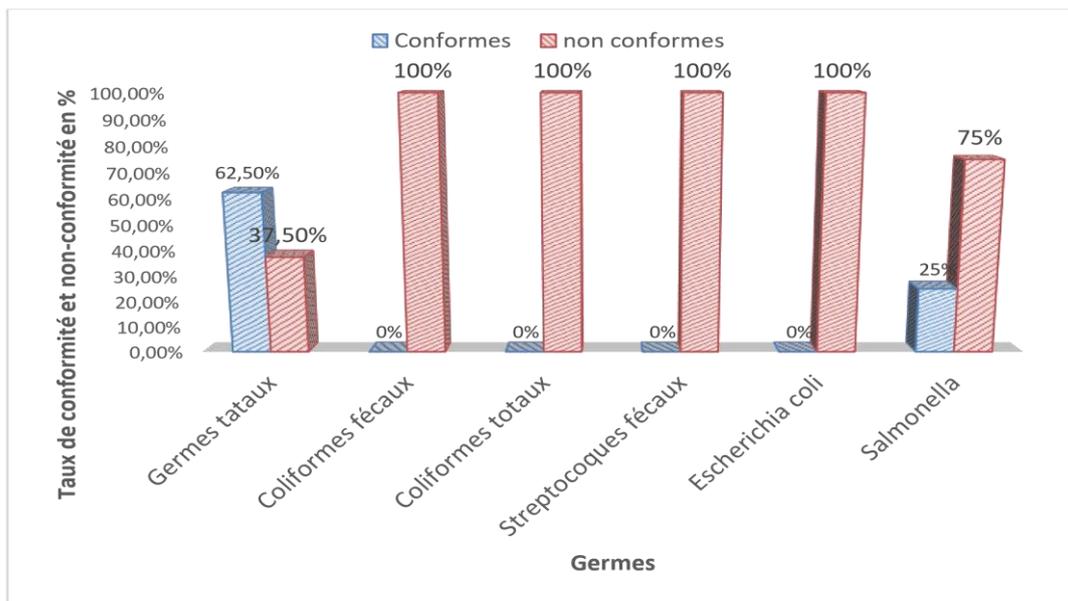
En se référant au tableau de risque selon OMS, nous observons dans ce tableau que toutes les sources analysées de la commune Makiso présente le risque est intermédiaire pour les consommateurs.

**III.2. Qualité bactériologique d’eaux de différentes sources**

Les résultats des paramètres bactériologiques des eaux de boisson des différentes sources de la commune Kabondo sont présentés dans le tableau en annexe tandis que la synthèse de ces résultats sont reprise dans le tableau 8 et la figure II.

**Tableau 8 Appréciation de la qualité bactériologique des eaux des sources**

Microorganisme	Nombre de germes en UFC/ml valeur Min-Max	Taux de conformité en %			
		Moy	Critère	Conforme	non conformes
Germes recherchés					
Germes tatau	22,7-189	88,9	100	62,5	37,5
Coliformes fécaux	9,667-53	28,5	0	0	100
Coliformes totaux Streptocoques fécaux	22,7-65,7	43,5	0	0	100
Escherichia coli	7,667-50	26,75	0	0	100
Salmonella	0,67-2	1,13	0	0	100
	0-9,33	3,46	0	25	75



**Figure II : Le taux de conformité et de non-conformité des paramètres étudiés**

Le tableau 8 et de la figure II montrent que dans l’ensemble des eaux des sources analysées sont conformes à 62,5% pour les germes totaux et 25% pour les salmonella tandis qu’ils sont non conformes à 100% pour les coliformes fécaux, coliformes totaux streptocoque et Escherichia coli

**Tableau 9 Qualité des eaux des sources analysées selon Feacher**

Source	Moyenne de CF/100ml	Qualité selon Féachem
Masele 1	9,67	Bonne
Kambakamba	10,76	Bonne
Ndembe	12,67	Moyenne
14ième trans	23,33	Moyenne
Lofalanga	36	Moyenne
Masele 2	37,67	Moyenne
Tokei	53	Moyenne
Tchapete	45	Moyenne

Nous observons dans le tableau 9 que deux sources (% (Masele 1 et Kambakamba) sur les huit soit 25 sont de bonne qualité malgré la présence des coliformes fécaux.

**Tableau 10 : Risque pour les consommateurs**

Source	Moyenne de CF/100ml	Risque selon OMS
Masele 1	9,67	Bas risque
Kambakamba	10,76	Bas risque
Ndembe	12,67	Risque intermédiaire
14ième trans	23,33	Risque intermédiaire
Lofalanga	36	Risque intermédiaire
Masele 2	37,67	Risque intermédiaire
Tokei	53	Risque intermédiaire
Tchapete	45	Risque intermédiaire

Le tableau 10 montre que la consommation de l'eau de deux sources (Masele 1 et Kambakamba) sur les huit soit 25% présente un bas risque pour les consommateurs tandis que pour les autres sources le risque est intermédiaire.

## CONCLUSION

Nous arrivons à la fin de cette recherche en disant à la population boyomaise vivant dans la commune Makiso et environs utilisant les eaux des sources analysées qu'il est important de purifier d'abord ces eaux avant sa consommation et d'autres usages ménagères qui touchent directement à la santé, car sur les 8 sources analysées, 6 présentent déjà des risques bactériologiques intermédiaires à la santé. Ce déjà un danger sanitaire qui peut être à la base de plusieurs maladies hydrique qu'elles subissent.

Nous interpellons les autorités politico-administratives de bien vouloir disponibiliser de l'eau potable à la population tout en disposant le nécessaire au service attiré, mieux vaut prévenir que guérir.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Abdellatif, 2006., *Traitement des eaux de source bousfer Oran*, Mémoire de Licence, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, p120.
- [2]. Aka N, Bamba SB, Soro G, Soro N, 2013 : *Étude hydro chimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire)*. Larhyss Journal, 16 : 31-52.
- [3]. Akil A., Hassan T., Fatima E. H., Lahcen B., Abderrahim L., 2014 : *Etude de la qualité physicochimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, (Haïti)*, 10p.
- [4]. X. Anglaret, E. Mortier, 2002 : *Maladies infectieuses*, Edition, Med-Lin., p: 40-43.
- [5]. Brangeon S., 2015 : *La gestion des déchets des acteurs de l'aide. Etude de cas, Haïti.CEFREPADE*. Observatoire du groupe URD en Haïti, 44p.
- [6]. Carboneille, et al, 1987 : *Bactériologie médicale : Techniques usuelles*. SIMEP SA, Paris, p121-137, 146-155.
- [7]. Chippaux J P, Houssier S, Gross P, Bouvier C et Brissaud F., 2002 : *Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger*. Bull Soc Pathol Exot, 119-223.
- [8]. Coulibaly K, 2005 : *Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de puits de certains quartiers du district de Bamako* ; Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako, pp69.
- [9]. Croix-Rouge, 2021 : *Traitement et stockage sûr de l'eau à domicile dans les situations d'urgence*, 51p.
- [10]. Dahel Zanat, 2009 : *Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule Perna perna*, Université Badji-Mokhtar, Annaba, p: 69.
- [11]. Dégbey C & al, 2008 : *qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. Environnement Risques Santé 2008; 7 : 279-283*
- [12]. Debabza, 2005 : *Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes*, Mémoire de Master en Microbiologie appliquée Université des sciences de BadjiMokhtar, Annaba(Algérie),125p.
- [13]. Degremont, 1989. *Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Degremont, ISBN 2-9503984-0-5, p: 1459.*

- [14]. Dos Santos S, Legrand T., 2007 : *Accès à l'eau et mortalité des enfants à Ouagadougou (Burkina Faso)*. Environnement Risques & Santé 2007; 6 (5): 365-71
- [15]. Feachem (1980) Feachem R. G., Bradley D. J., Garelick H., Mara D. D. (1983). *Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley Ed. :380-393.
- [16]. Ghazali D., Zaid A., 2013 : *Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (REGION DE MEKNES/MAROC)*. Larhyss Journal, ISSN1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36.
- [17]. Ghizellaoui, (2010). S. Ghizellaoui, 2010 : *Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon, Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux, p: 13-24.*
- [18]. Kahoul M. et Touhami M., 2014 : *Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie)*. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138.
- [19]. Kazadi Malumba A. Z ; 2012 : *Contribution à l'étude de la qualité et de la gestion de l'eau de boisson dans la région de Kisangani*, These inédite Fac.des Sciences, UNIKIS, 243p.
- [20]. Kimassoum D, Tidjani A, Doutoum AA, Ameyapoh Y, Soncy K, Dossou K, Anani K, de Souza C. 2011 : *Évaluation de la qualité hygiénique de l'eau de robinet produite par la Société Togolaise des Eaux (TdE) : cas de neuf quartiers de la Commune de Lomé (Togo)*. Association Africaine de Microbiologie et d'Hygiène Alimentaire, 23(68): 51-54.
- [21]. Lagnika M. & al., 2014 : *Caractéristiques physicochimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobé (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Journal of Applied Biosciences 79 :6887-6897. ISSN 1997-5902.
- [22]. Levallois P. et Phaneuf D., 1992 : *Les risques associés à la contamination de l'eau potable par les nitrates*. Bulletin d'information en santé environnementale. Centre de santé publique de Québec. Volume 3 - No 3,18p.
- [23]. Leynaud G., 1968 : *Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique*. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- [24]. Makoutode M, Assani AK, Ouendo E-M, Agueh VD, Diallo O, 1999 : *Qualité et mode de gestion des eaux de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo*. Médecine d'Afrique Noire : 46 (11).
- [25]. Monjour L., 2000: *Désinfection et chloration de l'eau dans les pays du tiers-monde*. EAST, Paris, [www.oieau.fr/cieedd/contributions/at1/contribution/monjour.htm](http://www.oieau.fr/cieedd/contributions/at1/contribution/monjour.htm), 4 p.
- [26]. Mouffok, 2008 : *hygiène et de microbiologie des eaux de boisson*, Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, p: 53.
- [27]. Odoulami L.,2009 : *Problématique de l'eau potable et de la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin)*. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. 230p.
- [28]. OMS, 1994 : *Directives de qualité pour les eaux de boisson*. Volume 1 Recommandation. Organisation Mondiale de la Santé, 2e édition, 34p.
- [29]. OMS, 2011 : *Stratégies pour la gestion sans risque de l'eau de boisson destinée à la consommation humaine*, 7p.