

Evaluation Physico-Chimique Et Bacteriologique Des Eaux De Forages, De Puits Et De Sources Du Quartier Lutendele Dans La Commune De Mont-Ngafula

Kwatenge Nsele Jonathan⁽¹⁾, Luvezo Tshimpangila Divine⁽²⁾, Buluku Palamoke Grace⁽¹⁾, Mosete Bungalasa Coreneille⁽³⁾, Ntantay Judicael⁽¹⁾, KAKULE Kasereka Roland^(1,3), Pote Wembonyama John^(2,3)

(1) Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Kinshasa

(2). Centre de recherche en sciences humaines (CRESH), Kinshasa

(3). Université Pédagogique Nationale (UPN), Faculté des Sciences et Technologies, Kinshasa.

Auteur correspondant : jonathankwatenge@gmail.com

Résumé

L'accès à une eau potable représente un enjeu majeur de santé publique. La disponibilité des eaux souterraines en qualité est devenue un défi difficile à relever dans plusieurs villes du monde, dans des nombreuses municipalités suburbaines des pays d'Afrique subsaharienne et en République Démocratique du Congo. Ces sources d'eaux utilisées pour la boisson et les ménages sont vulnérables aux différents facteurs de contamination en raison des mauvaise condition d'hygiène et d'assainissement qui par conséquent entraînent la persistance et la récurrence des maladies hydriques.

L' Objectif de ce travail est de déterminer la qualité des eaux souterraines en l'occurrence les eaux de forages ,de puits et de sources consommées par les habitants du quartier Lutendele dans la commune de Mont Ngafula ,en se basant principalement sur l'analyse Physico-chimiques des paramètres ci-après : La température (T°), le potentiel d'hydrogène (pH), et la conductivité électrique (CE) et sur l'analyse des paramètres bactériologiques ci-après : Escherichia Coli(E. Coli), les Entérocoques (ENT) et les Coliformes Totaux(CT) effectué pendant les deux saisons (Sèche et de pluie).

Les analyses ont effectué dans 3 Forages, 2 Puits et 2 Sources ce qui fait un total de 7 de prélèvements.

Les résultats d'analyses physico-chimiques ont montré des valeurs de température variant entre 25,8 et 29,3°C certaines de ces valeurs sont proches de la norme tandis d'autres ne sont pas conforme à la norme de 25°C recommandée par l'OMS pour l'eau de boisson.

Les résultats de pH ont montrés des valeurs de pH variant entre 3,9 et 4,3 dans 6 sites sur 7. Ces valeurs de pH sont acides et ne sont pas conformes à la norme de l'OMS qui est fixée à 6,5-8,5, excepté le site F3 qui présente une valeur neutre de 6,21.

Les résultats de la conductivité électrique ont montrés des valeurs variant entre 65,5 et 363 certaines de ces valeurs sont supérieures et d'autres sont inférieurs à la norme de l'OMS fixée à 200 $\mu S/Cm$

Les résultats des analyses bactériologiques ont indiqué la présence des indicatrices de la pollution fécale entre autres : Escherichia Coli, Les entérocoques et les coliformes totaux. Les résultats de ces analyses ont montré que la pollution de ces eaux est plus importante pendant dans la saison de pluie que pendant la saison sèche.

Dans l'ensemble, les résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommation des riverains du quartier LUTENDELE dans la commune de Mont Ngafula ne sont pas dans la plupart des cas conformes aux normes établis par l'OMS pour l'eau de boisson et d'utilisation domestique.

Cette contamination s'expliquerait par différents facteurs de contamination parmi lesquelles nous citons : la présence des activités agricoles proches du site, la proximité des latrines et des fosses septiques, le transport des contaminants par les eaux de ruissellement, la mauvaise conception des ouvrages de captage des eaux souterraines, l'infiltration des eaux usées dans le sol, le manque d'entretien, etc.

Mots clés : Eau potable, Eaux souterraines, Pollution des eaux, Gestion des eaux souterraines, quartier LUTENDELE.

Abstract

The access to clean water represent a high stake of public health. The accessibility of underground waters in quality has become a difficult challenge to lift up in several towns of the world, in numerous suburbs townships of sub-Saharan Africa's countries and in Democratic Republic of Congo. These springs of waters used for beverage and the households are vulnerable to different factors of contamination in reason of bad conditions of hygiene and sanitation which consequently bring the persistence and recurrence of hydric diseases.

The objective of this work is to determine the quality of underground waters for instance drilling waters, wells waters and spring waters consumed by habitant of LUTENDELE quarter Mont- Ngafula township, basing, specially , on physic-chemicals analyses of settings below; the temperature (T°), hydrogen potential (pH), and the electric conductivity (CE) and on analyses of bacteriological settings below: Escherichia Coli(E. Coli), the enterococcus(ENT) and the coliforms totals (CT) done during two seasons (dry and rain).

The analyses have been made in 3 drillings, 2 wells and 2 springs what does a total of 7 sampling.

The results of physic-chemicals analyses have shown the values of temperature changing between 25,8 and 29,3°C (Certain) some of these values are close to the norm where as others are not accordingly to the norm of 25°C recommended by WHO for beverage water.

The results of pH have shown values of pH changing between 3,9 and 4,3 in 6 sites on 7.

These values of p are acidic and are not suitable to the norm of WHO which in settled to 6,5-8,5, excepted the site F3 which present a neutral value of 6,21.

The results of electric conductivity have shown values changing between 65,5 and 363. Some of these values are superior and others are inferior to the norm of WHO settled to $200\mu S/Cm$

The results of bacteriological analysis have indicated the presence of indicators of fecal pollution below: Escherichia Coli, the enterococcus and the total coliforms. The results of these analyses have shown that the pollution of these waters is most important during the rainy season than the dry season.

At all, the results of physic-chemical(analysis) and bacteriological analysis of waters of the riverside consumption of LUTENDELE quarter Mont-Ngafula township aren't in the most of the case suitable to the norms established by WHO for beverage water and domestic use.

This contamination would be explained by different factors of contamination among which we mention: the proximity of latrines and septic tanks, the transportation of contaminative by flowing water, the bad conception of achievement of catch system of the underground waters, the infiltration of waste or used waters in the ground, miss of maintaining; etc.

Keywords: Drinking water, Groundwater, Water pollution, Groundwater management, LUTENDELE district

1. Introduction

L'eau est une ressource précieuse et indispensable autant pour les hommes, les animaux et les végétaux. Cependant elle peut être aussi une source de maladie quand elle est sujet de pollution (Camara, 2011). La terre apparait comme une planète bleue parce que la plus grande partie de sa surface est recouverte d'eau mais seule 2.5% de cette eau est douce dont la plus grande partie se trouve gelée inaccessible dans la calotte glacière et Groenland, laissant au moins 1% d'eau douce disponible dans le lac, rivière et le sous-sol. Environ un tiers des eaux

douces potentielles du monde peut être utilisé pour le besoin de l'homme (Olivier, 2007).

Aujourd'hui, pas moins de 900 millions d'individus n'ont accès à l'eau potable, 2,5 milliards ont peu d'accès à l'assainissement et 1,2 milliard n'ont aucun accès à l'assainissement. Chaque année, huit millions de personnes dont 1,8 million d'enfants meurent des suites d'une pathologie liée à la consommation d'une eau insalubre, diarrhées, choléra, typhoïde, malaria etc. (Jean-Noël G., 2010).

Dans les pays en développement, 21 % de la population ne dispose pas de services d'assainissement, 22 % des établissements de

santé n'ont pas de services d'eau et 22 % n'ont pas de services de gestion des déchets. Quelque 2,1 milliards de personnes, soit 30% de la population mondiale, n'ont toujours pas accès à l'eau potable et 60% ne dispose pas d'un assainissement fiable (OMS & UNICEF, 2018).

Or, pouvoir s'approvisionner en eau potable est un besoin élémentaire et un droit fondamental. Donc garantir à la population une eau de bonne qualité est une mesure efficace de protection de la santé. L'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé (Masaka, 2021).

L'Afrique est le continent des paradoxes en matière d'eau, Avec 17 grands fleuves et 160 lacs qui l'irriguent, le continent africain dispose pourtant de ressources en eau renouvelables abondantes estimées à plus de 5 400 milliards de m³ par an. Malgré cette abondance des ressources en eau brute, l'Afrique fait face au défi de la maîtrise de l'eau pour les besoins essentiels de son développement économique et social. À noter que seuls 4% de ce potentiel sont à ce jour mobilisés pour les usages courants (eau potable, agriculture, énergie, etc.). Plus de 300 millions de personnes manquent d'un accès à l'eau potable et les maladies hydriques sont la première cause de mortalité sur le continent (Jean-bosco, 2014).

En Afrique subsaharienne il n'y a que 24% de la population qui a accès à une source sûre d'eau potable et 28% seulement à l'assainissement de base. Le taux croissant de l'urbanisme anarchique et les conditions socio-économiques incontrôlables des villes africaines jointes à une forte croissance démographique entraîne une inadéquation de l'assainissement. Suite à la faible disponibilité en eau potable dans des nombreux pays africains, la population fait recours à des sources d'eau dont la potabilité est très douteuse pour la consommation et pour subvenir aux besoins domestiques entre autre : les eaux de Forage, de Puits et Source (Ngoy, 2022).

Malgré les immenses ressources en eau douce de la RDC, le pays relève un défi majeur dans le secteur de l'eau : augmenter le faible taux d'accès à l'eau potable de sa population rapidement grandissante. L'eau manque pour la majeure partie de la population congolaise. C'est une réalité aussi bien en milieu rural qu'en ville.

Depuis des décennies, le salut vient des forages, des puits et des sources. Une pratique de plus en plus répandue.

En 2015, l'Unicef annonçait, presque sans surprendre, que la moitié des congolais n'a pas accès à l'eau propre. En ville l'accès à l'eau potable avoisine les 80% pour l'ensemble du milieu urbain, les chiffres qui baissent en milieu rural à 30%, la RDC s'aligne en 2014, parmi les pays à faible taux d'accès à l'eau potable (26%). Le pays a même été « l'un de trois pays où plus de la moitié de la population n'a pas accès à l'eau » (UNICEF, 2015).

Aujourd'hui pour faire face à la pénurie d'eau, plusieurs quartiers de la ville de Kinshasa font recours à la consommation des eaux souterraines. C'est le cas du milieu d'étudié (quartier Lutendele).

Malgré l'apparence claire des eaux souterraines dont les riverains du quartier Lutendele s'approvisionnent, il convient de signaler que le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau s'avère indispensable pour identifier les problèmes de pollutions et proposer des solutions de traitement de ces eaux. Car, la consommation d'une eau contaminée par les organismes pathogènes, qu'ils soient bactériens, viraux ou parasites, proviennent des porteurs humains ou animaux et peut induire l'apparition des maladies d'origine hydrique (D.N.H.P.A, 2003).

Ainsi, les enjeux sont énormes du point de vue approvisionnement, distribution en eau potable et certains traitements qu'on lui fait subir c'est ainsi que nous disons que le problème de l'eau est un problème de quantité et de qualité.

De ce fait, le présent travail s'intéresse à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forages, de puits et de sources desservies à la communauté locale du quartier Lutendele dans la commune de Mont Ngafula.

Ainsi, les questions de recherche suivantes résument nos préoccupations :

– Comment peut-on s'assurer de la qualité des eaux souterraines consommées par la population locale du quartier Lutendele ?

– Quels sont les risques sanitaires éventuels à la consommation d'une eau de mauvaise qualité ?

- Comment peut-on améliorer la qualité de l'eau de forage, de puits et de source consommée par la population locale du quartier Lutendele ?

Eu égard aux préoccupations soulevées ci-dessus, les hypothèses suivantes peuvent être formulées :

- Les analyses de potabilité au travers la vérification des paramètres physico-chimiques et bactériologiques seraient un moyen efficace pour certifier la qualité des eaux de forages, puits et sources consommées par la population locale du Quartier Lutendele ;
- Des maladies hydriques et/ou d'origines microbiennes telles que la fièvre typhoïde, dysenteries bacillaires, diarrhées et gastro-entérites, hépatite A et E, dysenteries amibiennes seraient autant des risques sanitaires éventuels à la consommation d'une eau de mauvaise qualité ;
- La mise en place d'un système de gestion intégré des ressources en eau comprenant l'instauration des périmètres de protection et le respect des normes fixées par l'OMS, est susceptible de contribuer à la protection des ressources en eau, notamment des eaux souterraines.

1.2. Objectifs

Les objectifs poursuivis dans cette recherche sont les suivants :

- Déterminer la qualité physico-chimique des eaux de forages, de puits et de sources desservies à la population de ce quartier ;

- Déterminer la qualité bactériologique de ces eaux ;
- Formuler des suggestions et recommandations pour protéger les ressources en eau et la santé de ses utilisateurs.

2. Matériels et Méthodes

Cette partie de cette recherche décrit le cadre spatial de la recherche ainsi que les approches techniques et méthodologiques mises en œuvre. Elle présente d'abord le milieu d'étude, en situant le quartier Lutendele dans son contexte géographique. Elle expose ensuite le matériel et les méthodes utilisées, en précisant la nature des données mobilisées, l'outil d'analyse; principales étapes du traitement et de l'interprétation ayant conduit à la production des résultats.

2.1. Milieu d'Etude

Situation géographique

Le quartier Lutendele est situé dans la commune de Mont-Ngafula. Dans sa nouvelle configuration, Lutendele est borné de la manière suivante :

- Au Nord par la rivière Boyi et le Quartier Kimbwala ;
- Au Sud par le Quartier Sayavia cité Maman olive ;
- A l'Est par la rivière Lukunga la séparant par la Commune de Ngaliema ;
- A l'Ouest par le Village Ngombe et le Fleuve Congo de Ngaliema

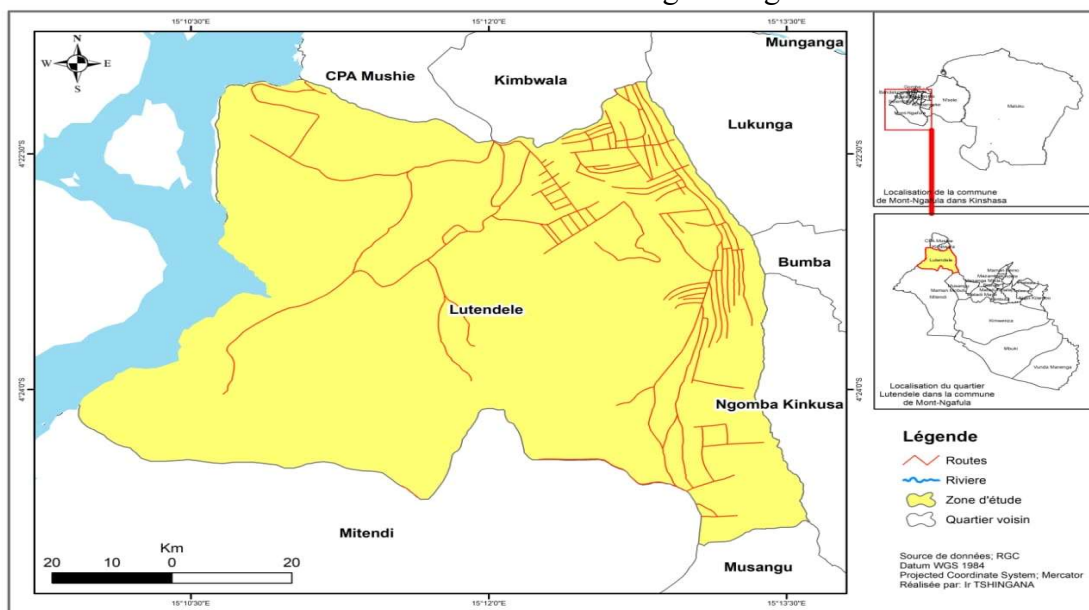


Figure 1: Localisation de la zone d'étude(Quartier Lutendele)

2.2. Matériels et méthodes

Les eaux de forages, de puits et de sources utilisées pour la boisson et le ménage au quartier LUTENDELE dans la commune de Mont-Ngafula ont constitué le matériel de cette étude.

II.2.3. Méthodes

Les méthodes utilisées dans ce travail sont : l'observation directe de terrain couplée à la technique et la méthode expérimentale (terrain et laboratoire).

II.2.3.1. Méthode d'observation directe de terrain

Dans le cadre de cette recherche, il était avant tout nécessaire d'effectuer des descentes sur terrain afin d'identifier les sites ; d'observer les eaux souterraines desservies aux riverains du quartier Lutendele dans la commune de Mont-Ngafula en vue d'avoir un aperçu général sur l'état des lieux.

Ainsi, les outils et les équipements ci-après ont été utiles pour collecter les données lors des observations de terrain :

- **Attestation de recherche** : ce document nous a permis d'avoir facilement accès à quelques données tels que : les informations du milieu d'étude, la facilité de récolter les

données du site de prélèvement et la facilité d'échantillonner.

- **Appareil GPS Map64** : nous avons posé l'appareil sur chaque site de prélèvement afin d'avoir les coordonnées géographiques.
- **Un téléphone** : Pour photographier les images de chaque site de prélèvement
- **Un bloc note** : pour noter toutes les informations ou les observations nécessaires.

Nous avons prélevé au total 7 échantillons dont 3 Forages 2 Puits et 2 Sources que nous avons codifiées de la manière suivante :

- Forage (F)
- Puit (P)
- Sources (S)



Photo des échantillons prise par les auteurs

Tableau 1. Coordonnées géographiques des différents points d'échantillonnage.

Code	Adresse	Coordonnées géographiques			Observations
		Longitude	Latitude	Altitude	
F1	Av. Mbenza Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°13'13,0''	04°23'24,0''	355 m	
F2	Av. Mobutu Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°13'16,9''	04°23'20,1''	335 m	
F3	Av. Kivu Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°12'55,6''	04°22'36,8''	330 m	
P1	Av. Jerusalem Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°13'13''	04°22'55''	320 m	Rivière, fosses septiques et agriculture à proximité
P2	Av. Jerusalem Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°13'15,2''	04°22'57,1''	323 m	Activités agricoles à proximité de l'ouvrage
S1	Av. Source n°2 Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°12'46,3''	04°22'37,5''	308 m	A proximité d'une latrine

S2	Av. Source n°7 Q/ Don Bosco C/ Mont-Ngafula	015°12'46,3''	04°22'386''	303 m	A proximité des activités agricoles, sites non aménagés
-----------	---	---------------	-------------	-------	---

II.2.3.2. Méthode expérimentale

Cette méthode a consisté à l'échantillonnage des eaux, à analyser les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des sites échantillonnés.

II.2.3.2.1. Echantillonnage des eaux

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

Afin d'établir la variation saisonnière, l'échantillonnage s'est effectué en deux campagnes : une pendant la saison sèche et l'autre pendant la saison de pluie.

Lors de l'échantillonnage nous avons analysé quelques paramètres physico-chimiques in situ, entre autres : La température, le potentiel d'hydrogène et la conductivité électrique.

B. Techniques de prélèvement et transport des échantillons :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne l'interprétation et les résultats analytiques (Rodier, 1994).

Les prélèvements ont été effectués manuellement à l'aide de bouteilles en plastique

stériles, elles ont été rincées plus ou moins 3 fois avant le prélèvement puis remplies. Tous les échantillons ont été marqués et conservés dans une glacière réfrigérée afin d'éviter toutes transformations physiques, chimiques et biologiques puis transportés au laboratoire de cren-k pour les analyses bactériologiques.

II.2.3.2.2. Méthodes des analyses physico-chimiques in-situ

Les analyses des paramètres physico-chimiques ont été effectuées in situ de leur sensibilité aux conditions du milieu et de leur capacité de changement dans des proportions différentes s'ils ne sont pas mesurés sur terrain. Ces paramètres ont concerné les mesures de la température, du potentiel d'hydrogène et de la conductivité électrique.

- ❖ **La température (t°)** : elle a été mesurée avec la sonde multi paramètre grâce à l'électrode de la température (Thermomètre) ;
- ❖ **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : Il a été mesuré sur un pH mètre de la sonde multi paramètre ;
- ❖ **La conductivité électrique (CE)** : elle est déterminée par le conductimètre de la sonde multi paramètre.

Tableau 2 : Matériels et méthodes des paramètres physico-chimiques mesurés in situ

Paramètres analysés	Matériels	Mode opératoire
-Température	Sonde multi paramètre	Allumer la sonde rincer l'électrode à l'eau distillée, plongez le dans l'échantillon laissez stabiliser et lire sur l'écran la valeur de la température.
-Potentiel d'hydrogène	L'électrode de pH de la sonde multi paramètre	Mettre en marche la sonde multi paramètre, brancher l'électrode, le plonger dans l'eau puis lire le résultat sur l'écran
-Conductivité électrique	L'électrode de conductivité de la sonde multi paramètres	Allumer la sonde multi paramètre plonger Le conductimètre dans l'échantillon puis lire le résultat.

2.2.3. Méthodes des analyses bactériologiques au laboratoire

Les analyses des paramètres bactériologiques ont porté sur la quantification des bactéries indicatrices de la contamination fécale, entre autres : *Escherichia Coli* (E. Coli), Les coliformes totaux (C.T) et Entérocoques (ENT.).

Les analyses des paramètres bactériologiques ont été réalisées par la méthode de filtration sur membrane. Pour parvenir à l'obtention des résultats l'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane qui retient les micro-organismes et placer ensuite la membrane sur le milieu sélectif. Durant l'incubation des colonies se forment.

Tableau 3 : Tableau des matériels et méthodes d'analyse bactériologiques au laboratoire

Indicateur microbien	Matériels et réactifs	Milieu de culture	Mode opératoire
- <i>Escherichia Coli</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Entonnoir de filtration 100 ml - Pompe à vide - Filtres à membrane de 0,45 ml - Les boîtes de pétri - Les différents milieux de culture - Une pince - Le flacon d'échantillon - L'incubateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Tryptone Soya Agar (TSA) - Milieu TBX 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation des milieux Dissoudre 10g de TSA et 9,25 g dans 250 ml d'eau distillée et amener doucement à ébullition afin de dissoudre la poudre. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 20 minute refroidir et répartir 15 ml d'eau de milieu dans des boîtes de pétri. • Méthode d'analyse Filtrer sur une 100 ml d'eau à analyser sur une membrane filtre stérile de 47 mm de diamètre et de pore moyen de 0,45 µm. • Mise en culture-incubation Poser soigneusement à l'aide de la pince la membrane dans le milieu de culture de manière qu'elle soit bien étalée et pas de bulle d'air entre la membrane et le milieu. Incuber 2-4h à 37° sur TSA puis transféré au moins 24h à 44°C sur TBX. • Lecture et caractéristique des colonies Compter les colonies de couleurs bleu sur la membrane après 24 h
- - Entérocoques	Idem	<ul style="list-style-type: none"> - Slanetz Bartey Agar (SBA) - Bile Aesculin Agar (BAA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation des milieux - Dissoudre 10.38 g de SBA dans 250 ml d'eau distillée froide ; - Chauffer et porter à ébullition sous agitation jusqu'à dissolution complète, - Ne pas autoclaver ; - Refroidir à 45-50°C et répartir 15 ml de milieu dans une boîte de pétri stérile ;

			<ul style="list-style-type: none"> - Dissoudre 16 g de BAA dans 250 ml d'eau distillée froide ; - Chauffer continuellement sous agitation et porter à ébullition jusqu'à dissolution complète ; - Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes • Méthode d'analyse Filtrer sur une 100 ml d'eau à analyser sur une membrane filtre stérile de 47 mm de diamètre et de pore moyen de 0,45 µm. • Mise en culture-incubation <ul style="list-style-type: none"> - Poser soigneusement la membrane dans le milieu de culture de manière qu'elle soit bien étalée et ne pas laisser de bulle d'air entre la membrane et le milieu. - Incuber 48h à 44°C sur SBA puis - Transféré au moins 2h à 44°C sur BAA. • Lecture et caractéristique des colonies Compter les colonies de couleurs rouge à brune noire sur la membrane
-Coliformes totaux	Idem	Endo Agar Medium	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation des milieux <ul style="list-style-type: none"> - Dissoudre .75 g dans 250 g d'eau distillée ; - Autoclaver 15 min à 12°C • Méthode d'analyse • Mise en culture-incubation • Lecture et caractéristique des colonies Compter les colonies de couleurs rouge à brune noire sur la membrane

Source :Protocole du mode opérateur du labo

2. Résultats et discussion

Cette partie de la recherche est consacré premièrement à la présentation des résultats obtenus après les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectués in situ et au laboratoire ensuite à la discussion de ces résultats ensuite à l'interprétation et la discussion de ces résultats.

3.1. Résultats des analyses physico-chimiques

La température (T°), le potentiel d'hydrogène (pH) et la conductivité électrique (CE) sont les paramètres physico-chimiques qui ont été analysés in situ. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 3.2 ci-dessous :

Tableau 4 : Présentation des résultats des paramètres physico-chimiques analysés in situ durant la saison de pluie et la saison sèche.

Codification des échantillons	Température (°C)		Potentiel Hydrogène		Conductivité Electrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Aspect physique
	Saison Sèche	Saison Pluie	Saison Sèche	Saison Pluie	Saison Sèche	Saison Pluie	
F1	26,7	29,3	4,06	4,03	65,5	67,5	Incolore
F2	25,8	28,7	4,05	3,91	160	1858,9	Incolore
F3	26,4	28,3	6,21	6,03	178,3	163	Incolore
P1	25,8	27,1	4,23	3,98	323	333	Incolore
P2	26,1	27,7	4,07	4,21	363	360	Incolore
S1	25,7	29	3,89	4	96,1	92,3	Incolore
S2	26	27,2	4	4,04	136,3	129,3	Incolore
Normes de l’OMS*	25°C		6,5-8,5		200$\mu\text{S}/\text{cm}$		Incolore

* Limite recommandée par les directives de l’Organisation Mondiale de la Santé pour la qualité de l’eau de boisson (OMS, 2017).

3.1.1. Température(T°)

Les résultats du tableau montrent que les eaux ont des valeurs de température comprises entre 25,7 et 26,7 °C pendant la saison sèche et 27,1 et 29,3 °C pendant la saison de pluie. Selon la norme de l’OMS sur la qualité de l’eau, la température est fixée à 25°C.

Les valeurs de température observés dans le tableau ci-dessus accusent la non-conformité à la norme guide fixée par l’OMS pour la qualité de l’eau de boisson.

D’une manière générale, les valeurs de température de la saison sèche sont basses par rapport à celles de la saison de pluie. Cette variation se justifierait par le problème lié aux réchauffements climatiques, par la profondeur de forage, par les conditions environnementales (Saison, Météo, l’explosion du soleil) ou encore par la présence de la roche chaude.

3.1.2. Le potentiel d’hydrogène (pH)

Les résultats de pH, présentent des valeurs variant entre 3,89 et 6,21 pendant la saison sèche. Quant à la saison de pluie, les valeurs de pH varient entre 3,98 et 6,03. Selon la norme de l’OMS pour l’eau de boisson la valeur guide de pH est de 6,5 à 8,5.

Une eau ayant la valeur de pH inférieur à 6,5 est dite acide. En conclusion, les résultats obtenus démontrent que les eaux consommées par les riverains du quartier Lutendele à Mont Ngafula sont acides pour tous les sites ; seul le forage 3 qui fait avec un pH de 6,21.

Le caractère acide de l’eau de forage serait justifié par la nature du sol c’est-à-dire par la présence d’une roche acide telle que : le quartz, le feldspath, le granite, par le transport de minéraux acides à travers les eaux de ruissellement et par les activités agricoles.

3.1.3. La conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 65,5 et 363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant la saison sèche et des valeurs qui oscillent entre 67 et 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant la saison de pluie.

Selon la norme de l’OMS la valeur guide de la conductivité est fixée 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats présentés dans le tableau ci haut prouvent que la conductivité des eaux de consommation du quartier Lutendele ne correspondent à la norme limite de l’OMS pour l’eau de boisson.

Les valeurs de conductivité faible seraient influencées par la nature d’un sol pauvre en sel minéraux, par certains processus de traitement tandis que les valeurs de

connectivité élevée seraient dues à la nature de la roche qui contient trop des sels minéraux.

3.2. Résultats des analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a permis de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau desservie aux habitants du quartier Lutendele dans la commune de Mont Ngafula.

Les analyses bactériologiques effectuées dans le cadre de cette étude ont consisté au dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale ci-après : *Escherichia coli*, entérocoques et coliformes totaux. Les valeurs trouvées sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Présentation des résultats des analyses bactériologiques pour la saison sèche et la saison de pluie

Codification des sites	Escherichia. Coli		Entérocoques		Coliforms totaux	
	Saison sèche	Saison de pluie	Saison sèche	Saison de pluie	Saison sèche	Saison de pluie
F1	0	50	3	20	92	310
F2	0	0	0	0	0	170
F3	0	100	0	10	84	560
P1	10	200	0	20	662	2800
P2	0	90	2	10	240	1700
S1	0	400	1	30	60	430
S2	1	1270	0	10	400	2100
Normes de l'OMS*	0UFC/100MI		0UFC/100MI		0UFC/100mL	

* Limite recommandée par les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé pour la qualité de l'eau de boisson (OMS, 2017).

3.2.1. Escherichia Coli

D'après les résultats obtenus on observe l'absence d'*Escherichia coli* dans tous les forages ainsi que dans le puits 2 et la source 1 elles sont donc exemptes de la pollution fécale car elles possèdent des valeurs conformes à la norme de l'OMS régissant la qualité de l'eau de boisson.

La présence des *E. Coli* durant la saison de pluie traduit la présence de la pollution fécale et la non-conformité à la norme guide de l'OMS. Cette contamination serait due la présence des activités humaines telles que l'agriculture (utilisation des engrais); la proximité des latrines et à l'infiltration des eaux domestiques dans le sol

Dans les sources, le résultat est nul pour l'échantillon S1 durant la saison sèche tandis que durant la saison de pluie elle présente une valeur de 400UFC/100mL ceci prouve une

contamination fécale récente. La contamination fécale s'expliquerait par les activités agricoles exercées à proximité de site, la proximité des latrines, du transport des contaminants par les eaux de ruissellement, de la mauvaise conception et du manque d'entretien.

3.2.2. Entérocoques

D'après les résultats du tableau (III.2), on observe l'absence des entérocoques dans quelques sites échantillonnés ce qui traduit qu'elle est conforme à la norme de 0UFC/100MI cependant on observe la présence des entérocoques durant la saison de pluie avec des valeurs variant entre 10 UFC/100mL et 30UFC/100MI. En comparaison à la norme guide de 0UFC/100mL fixée par l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson, ces valeurs ne correspondent pas à la norme de la qualité pour l'eau de boisson.

Cette présence de la contamination fécale serait due à l'infiltration des eaux usées dans le sol.

3.2.3. Coliformes totaux

D'après les résultats obtenus, les teneurs des coliformes totaux des échantillons F1, F3, P1, P2, S1 et S2 présentent des valeurs non conformes à la norme de 0UFC/100ml. Cette contamination résulte de l'absence d'un entretien, de l'emplacement des sites, la présence des fosses septiques) proximité et les problèmes liés au traitement. Seul le site F2 qui présente une valeur nulle durant la saison sèche.

De manière générale, les résultats montrent que la contamination est plus élevée dans tous les sites pendant la saison sèche que pendant la saison de pluie pour tous les germes analysés. Les résultats des analyses bactériologiques sont soutenus par les résultats des études antérieurs d'autres auteurs entre autres : Ngadote, 2022 ; Ngoy 2022 ; Kapembo 2017 *et al.*, 2019.

Cette pollution peut s'expliquer en raison des fortes précipitations de crues, les activités agricoles telles que : l'utilisation des engrais, de pesticides, le transport de contaminants par les eaux de ruissellement, la proximité des fosses Septiques, le manque d'entretiens problèmes liés au traitement des eaux.

Conclusion

Le contrôle de la qualité de l'eau est indispensable avant toute consommation. C'est ainsi que cette étude a porté sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de forage, de puits et de sources du quartier Lutendele dans la commune de Mont Ngafula. Les objectifs qui ont été poursuivis étaient d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau par les mesures de la température, du potentiel d'hydrogène et de la conductivité électrique. Ainsi que d'évaluer la qualité bactériologique de l'eau par l'identification et la quantification des bactéries indicatrices de la contamination fécale et des germes pathogènes ci-après : *Escherichia-Coli*, *Entérocoques* et *Coliformes totaux*.

Il ressort des investigations que la population du quartier Lutendele n'est pas suffisamment desservie en eau potable par l'entreprise nationale de distribution d'eau potable (Régideso). C'est ainsi qu'un grand

nombre des habitants de ce quartier recourt à la consommation des eaux de forage, de puits et source. Pour s'assurer de la qualité de ces eaux, le contrôle de qualité physicochimique et bactériologique est le moyen efficace pour certifier la qualité de l'eau et sa conformité aux normes de potabilité fixées par l'OMS.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré des valeurs de température défavorables, c'est-à-dire elle présente des valeurs de température élevées qui ne sont pas conformes à la norme de l'OMS (25°C). Des valeurs de pH acides variant de 3,39 à 4,21 pour tous les sites ; seul le forage 3 (échantillon F3) qui est conforme à la norme ; et des valeurs de conductivité non conforme à la norme fixée par l'OMS (200 – 800 µS/cm).

Les résultats des analyses bactériologiques tels qu'*Escherichia-Coli*, *Entérocoques* et *coliformes totaux* sont d'un nombre plus important pendant la saison de pluie que pendant la saison sèche, ce qui traduit que ces eaux sont contaminées car ils ne correspondent pas à la norme fixée par l'OMS de 0 UFC/100mL. Cette pollution est due aux activités anthropiques exercées dans le milieu étudié. La consommation d'une eau polluée peut causer des problèmes de santé tels que les maladies hydriques (la diarrhée, la fièvre, typhoïde, la dysenterie et la cholera).

Recommandations

Pour garantir un approvisionnement en eau potable sûre propre, accessible à tous et afin de pallier aux problèmes liés à la pollution des eaux de consommation et d'améliorer la qualité de ces eaux, nous avons suggéré les recommandations ci-après :

❖ A l'égard des gestionnaires des sites :

- La bonne gestion des eaux permet de réduire au minimum la possibilité de la contamination des eaux. Les sites doivent être protégées, la puisette ne doit pas être déposée au sol pour les puits ; il faut veiller aux mesures d'hygiène et au traitement des eaux en vue de préserver sa qualité et mettre à la disposition des familles des

méthodes appropriées des désinfections d'eau.

❖ **A l'égard de la population**

- Il faudrait veiller à l'emplacement de forage et puits dans les parcelles en fonction des latrines, les installations des ouvrages de captage d'eau doivent être éloigné des latrines et de toutes sources de pollution (activités agricoles, exutoires d'eaux usées, activités industrielles, etc.). Il faudrait instaurer et respecter le périmètre de protection.
- Limiter l'usage des pesticides et des fertilisants ou utiliser des alternatives écologiques.

❖ **A l'égard du gouvernement**

- L'Etat doit veiller au renforcement et à l'application des normes d'installation des ouvrages de captage d'eau, renforcer la réglementation et les normes de qualité de l'eau potable pour garantir la sécurité et la santé des consommateurs.
- Encourager la surveillance et le suivi régulier de la qualité de l'eau potable pour détecter rapidement toute contamination ou pollution.
- Promouvoir l'accès à l'eau potable en investissant dans des projets d'approvisionnement en eau potable.
- Intégrer la protection des sources d'eau potable dans les politiques de gestion des ressources en eau pour prévenir la pollution et la dégradation.
- Sensibiliser le public aux risques liés à la consommation d'une eau non potable et promouvoir des pratiques de gestion durable de l'eau.

❖ **Du point de vue scientifique**

- Encourager la recherche et l'innovation dans le domaine de la purification de l'eau pour développer des technologies plus efficaces.

Les auteurs remercient chaleureusement le Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), l'Université Pédagogique Nationale (UPN), et le Centre de recherche en sciences humaines (CRESH) pour leur appui logistique et scientifique lors de la collecte et du traitement des données. Nous exprimons également notre gratitude aux autorités locales de la commune de la commune de Mont-Ngafula et aux Fontainiers de Lutendele pour leur disponibilité et leurs informations lors des enquêtes de terrain. Merci enfin aux assistants de terrain.

Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucun financement externe.

Conflit d'Intérêt

Nous déclarons ne pas avoir de conflit d'intérêts financier ou non financier en relation avec le contenu de cet article.

Considérations éthiques

Les enquêtes de terrain ont été conduites dans le respect des principes éthiques en vigueur. Les répondants ont donné leur consentement éclairé avant participation et les données personnelles ont été traitées de manière anonyme et confidentielle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Jean Noël Guerini (2010) Problématique de l'accès à l'eau potable dans le monde, 13ème législature.
- Olivier Vinassé ho Azonnakpo (2007). Problématique de l'eau et assainissement en milieu scolaire en République du Bénin cas de la ville de Porto Novo, Université d'obomey-calavi, p.80
- Masaka Nkuebo D., (2021). Approvisionnement et évaluation de la qualité des eaux de forage au quartier Herady, Commune de Sembao. p. 70

Remerciements

- Jean Bosco Bazié., (2014). Accès à l'eau : L'Afrique entre abondance et pénurie, pp. 28-29
- Ngoy Ntambwe C., (2022). Caractérisation physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation humaine dans la commune de Ngaliema cas du quartier Kimpe,Bumba,Ngomba Kikusa à Kinshasa RDC, p.113
- Didier Mukaleng M., (2017). Les Forages d'eaux, une chance pour la RDC.
- Bensalah Yasmine., (2021). Evaluation de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine (Algérie), p.115
- John A.,1987., <<Groundwater Occurrence and contamination in Canada>>Canadian bulletin of Fisheries and aquatic, Sciences , préparer pour le ministère des pêches et des océans ,Ottawa ,Canadian Aquatic Ressources.
- Aminata Niang D. et Al., (2017). Dans santé publique (Vol 29), Eau Potable, assainissement et risque de maladies diarrhéiques dans la communauté urbaine de Nouakchott Mauritanie Ibrahima by Doulo Traoré, pp 741 à 750.
- Unep., (2011). Problématique de l'eau en République Démocratique du Congo : Défis et opportunités.
- Rodier J., (2005). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer ,8ème Édition Dunod technique. Paris. pp 1008 à 1043.
- OMS., (2004). Directives de la qualité pour l'eau de boisson. Vol 1,3ème Ed.(les recommandations)100p.
- Archilbald F.,2000.The presence of coliform bacteria in Canadian Pulp ans peper mill water systems :a cause for concern.Water quality research journal of Canada. pg 1-22.
- Ngandote M.,2022.Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'utilisation domestique de la commune Laurent Désiré Kabila dans la ville province de Kenge , République Démocratique du Congo.
- Kapembo M.,2017.Evaluation saisonnière de la qualité des eaux de puits dans un environnement tropical cas de la commune de Bumbu.
- Union Européenne.,2021.Rural développement.
- Aepa.,2017.Guide méthodologique de planification d'approvisionnement en eau potable et assainissement.
- Sakona Fatoumata M.,2002.Manuel du cour d'hygiène du milieu.
- Coulibaly Kassim.,2005.Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako.
- OMS ,2000.Directives de la qualité pour l'eau de boisson ;vol 2, critères d'hygiènes et documentation à l'appui ,2ème Ed.,p 202.
- Merouani M.,2013.Etude de la pollution chimique et vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'ourgila,p59.
- Eau France,2015.La gestion et la protection des eaux souterraines.
- Morand Forage,
- Gaujour.,1995.La pollution des milieux aquatiques.Ed Lavoisier Paris. p 217.
- Rodier ,1994.L'analyse de l'eau ,8eme Édition Dunod Paris.
- Camara O.,2011.Pollution microbiologique des eaux souterraines dans le quartier Tangin de Ouagadougou : Etat des lieux et perspectives.
- Allouane.,2012. Différents types des eaux
- Gouri S.,2017.Characterisation physico-chimique et microbiologique des eaux.
- Rodier.,2009.Analyse de l'eau .9ème Ed.Technique et ingénierie.Dunod Paris .p 1135.
- Herriot R.,2015.Analyses physico-chimiques des eaux de puits consommés à Nanisana.
- Moussa N.I.,2017.Evaluation de la qualité physico-chimique à usage particulier et semi particulier à Ouagadougou (Burkina Faso).
- Ibrahima Sy,Doulo,Traoré ,Aminata Niang,Diène,Brama Kone,Baidy Lô,Ousmane Faye,Jürg U.,Guéladio C.,Marcel T,2017.Eau potable , assainissement et risque de maladies

- diarrhéiques dans la communauté Urbaine de Nouakchott Mauritanie,pg 741 à 750.
- D.N.H.P.A,2003.Procédé de traitement de l'eau de boisson, maladies d'origine hydrique.
 - OMS,2002.Directive de la qualité pour l'eau de boisson Genève.
 - Frahtia Soumia ,2016.Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de trois commune: Bir choudha ,souk Naamane ouled ,l' zouel , Université de Labo Ben M'hidi /Algérie.
 - OMS/UNICEF,2012.Un aperçu de la situation de l'eau et de l'assainissement en Afrique ,20p.
 - Thomas Kayobola,2020.Approvisionnement en eau potable en milieu rural en République Démocratique du Congo face à l'Objectif 6 de Développement Durable, Exemple de la province du maviana.
 - OMS,2023.Lignes directives sur la qualité de l'eau
 - Pages web consultés
- [http://www.eaufrance.fr/la gestion et la protection des eaux souterraines](http://www.eaufrance.fr/la_gestion_et_la_protection_des_eaux_souterraines)
<http://tech-action.org>
<https://wikiwater.fr>
<http://www.unicef.org/wash/files> .
<https://www.canada.ca>