

Caractéristiques et qualité des eaux de forage de la commune de Ratoma

Characteristics and quality of borehole water in Ratoma commune

BAH^a Aïssatou

Enseignante-chercheuse

BALDE^{a,b*} Mamadou Yaya

Enseignant-chercheur

BAH^a Alpha Oumar

Enseignant-chercheur

^a 1Département de chimie, Faculté des Sciences, Université de Conakry, BP : 1147, République de Guinée

^b 2Institut de Recherche en Environnement de Guinée (IREG), Cité des Sciences et de l'Innovation (CSIG)- Conakry Rogbané, BP : 1615, Guinée.

Les auteurs acceptent que cet article reste en libre accès en permanence selon les termes de la licence internationale Creative Commons Attribution 4.0



Résumé

L'accès à l'eau potable constitue un problème majeur dans les pays en voie de développement comme la Guinée. Pour pallier à ce problème, l'ouverture de forages s'intensifie dans les centres urbains avec ses multiples conséquences liées à la densité des forages. Dans le but de s'assurer de la qualité de ces eaux, cette étude a été initiée pour explorer certains paramètres d'appréciation. A cet effet, dix-huit échantillons prélevés en juillet, période caractérisée par une pluviométrie très dense en République de Guinée, provenant de six sites, ont fait objet d'analyse. La présente étude porte sur onze paramètres dont six physicochimiques et cinq microbiologiques. Il ressort de cette étude que 4/6 des sites présentent un pH non conforme aux normes de l'OMS. Par ailleurs, le taux alcalimétrie complet, la dureté totale et les paramètres microbiologiques, exception faite pour les streptocoques fécaux, présentent des valeurs qui entachent la potabilité des eaux analysées. Même s'il existe un seuil de tolérance, cette étude montre que l'eau du forage de Kipé est impropre à la consommation. Cependant, l'installation de filtres et le respect des normes s'avèrent nécessaires pour améliorer la qualité des eaux de forage largement consommées dans la capitale guinéenne.

Mots clés : « Caractéristiques des eaux de forage ; qualité des eaux ; paramètres physicochimiques ; paramètres microbiologiques. »

Abstract

Access to drinking water is a major problem in developing countries like Guinea. To alleviate this problem, the opening of boreholes is intensifying in urban centers, with its multiple consequences linked to the density of boreholes. In order to ascertain the quality of these waters, this study was initiated to explore certain assessment parameters. To this end, eighteen samples taken in July, a period characterized by very dense rainfall in the Republic of Guinea, from six sites, were analyzed. This study covers eleven parameters, six of which are physicochemical and five microbiological. The study revealed that 4/6 of the sites had pH levels that did not comply with WHO standards. In addition, total alkalimetry, total hardness and microbiological parameters, with the exception of fecal streptococci, all showed values that tainted the potability of the water analyzed. Even if there is a tolerance threshold, this study shows that water from the Kipé borehole is unfit for consumption. However, the installation of filters and compliance with standards are necessary to improve the quality of the borehole water widely consumed in the Guinean capital.

Key words: "Drilling water characteristics; water quality; physicochemical parameters; microbiological parameters".

Introduction

L'eau est essentielle à la vie, au bien-être de l'homme. De ce fait, elle est indispensable au fonctionnement des secteurs de l'économie. *[Benblidia et al., 2010 ; Selborne et al., 2000 ; Kettab et al., 2008 ; Dafflon, 2010]* et représente 70 à 75% du poids des êtres vivants. Faut-il rappeler, malgré qu'elle couvre les trois quarts de la surface du globe terrestre *[Chaumont et al., 2010]*, l'accès à l'eau potable constitue un problème majeur dans les pays en voie de développement comme la Guinée. *[Bah, 2023 ; Bamba et al., 2015 ; Beavogui, 2023 ; Baron et al., 2011]*. Dans la ville de Conakry les populations sont confrontées à un problème d'approvisionnement en eau potable suite au problème démographique, due en parti, à l'explosion démographique suite à l'urbanisation galopante. *[Makpou, 2024 ; Kande, 2024 ; Baechler, 2012 ; Togba, 2005]*.

L'existence d'une société de distribution d'eau potable dans les centres urbains du pays, la Société des Eaux de Guinée (SEG), ne suffit pas encore à assurer une desserte régulière et à satisfaire la demande de plus en plus croissante des populations. Cette situation de pénurie récurrente en eau potable ne serait-elle pas la principale cause de l'ouverture des puits améliorés communément appelés forages ? Dans le même élan, on est en droit de se demander quelles seraient les conséquences d'une prolifération des forages ne répondant surtout pas aux normes de distanciation et quels sont les moyens mis en place pour l'appréciation de la qualité de ces eaux largement consommées dans les centres urbains ? Ces différentes préoccupations ont depuis longtemps alimentées la curiosité des chercheurs comme on peut le constater dans la littérature *[Chaumont et al., 2020 ; Bah, 2023 ; Bamba et al., 2015 ; Baron et al., 2011 ; Thiamba et al., 2022 ; Baechler, 2012 ; Togba, 2005]*. Evoquant la qualité des eaux de consommation et de leurs impacts, le rapport des Nations Unies publié en 2012, mentionne que les maladies infectieuses, comme la pneumonie et la diarrhée, liées à la consommation des eaux non potables contenant des microorganismes constituent une des principales causes de la mortalité à l'échelle mondiale *[Demtezemb et al., 2024 ; Bourée, 2019 ; MONDIALE DE LA SANTE, O. (2021) ; Lesne, 1998]*. Au paravent, à la fin de l'année 2000, la diarrhée seule a tué environ 5 millions d'hommes à travers le monde dont 3,3 millions sont des enfants de moins de cinq ans *[Camara et al., 2023 ; Dosso et al., 1998 ; Buisson, 2001 ; Bourée, 2019]*. La Guinée n'étant pas à l'abri de ces problèmes, l'investigation sur les eaux consommées à Conakry, provenant essentiellement des deux sources : eau de la SEG et eau de forage montre qu'elles ne sont pas toujours potables *[Bah et al., 2009 ; Coumare et al., 2018 ; Nabbouti et al., 2014]*. Cependant, pour des raisons de disponibilité, la majorité de la population utilise l'eau de forage *[Bah et al., 2009 ; Diallo, 2003 ; Bouguerra et al., 2010 ; Mamy et al., 2020]*. Ce qui justifie la présente étude sous l'angle de l'appréciation de la qualité

de ces eaux à travers l'exploration des paramètres physicochimiques et microbiologiques. En effet, compte tenu de l'importance de cette denrée, elle doit être potable ; ne contenant pas d'éléments chimiques dangereux et de germes nocifs pour la santé des consommateurs.

Dans ce sens, cette exploration s'avère indispensable pour appréhender la qualité des eaux de forage afin d'anticiper sur les conséquences sanitaires liées à leur consommation par nos populations [Boutaleb et al., 2004 ; Bidi et al., 2020 ; Heriarivony et al., 2015 ; Bouchemal et al., 2015 ; Kachi et al., 2013 ; Lagnika et al., 2014 ; Belghiti et al., 2013 ; Kahoul et al., 2014 ; Mahamane et al., 2015]. Ainsi, les analyses effectuées au Laboratoire Nationale de Contrôle de Qualité ont porté sur six (06) paramètres physicochimiques et cinq (05) microbiologiques. Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en vue d'apprécier la qualité de ces eaux et de prévenir d'une part, la population aux diverses formes de contaminations et d'autres part aux autorités en charge de la santé publique et environnementale [Bouchemal et al., 2015].

Autant de raisons justifiant les motivations du présent travail qui s'articule sur quatre principaux points : une introduction dans laquelle le contexte, la problématique et l'état des lieux ont été mis en relief ; une explication de la démarche suivie de la présentation et de la discussion des résultats assortie d'une conclusion.

1 MATERIEL ET METHODE

1.1 Matériels de travail

Deux types de matériels ont été utilisés pour la réalisation de ce présent travail

1.1.1 Matériels de terrain

Sur le terrain, des matériels de prélèvement, de conservation et d'étiquetage ont été utilisés. Ce sont : des bouteilles de 500 mL, un marqueur, des gants en latex, une glacière.

1.1.2 Matériels de laboratoire

Dans le laboratoire, les instruments utilisés sont : un conductimètre HANA LF : 330, une boîte de pétri de 49 mm × 9, un pH-mètre HANA HI : 1832, des pipettes stériles de type TD (de 10 et 100 mL), des incubateurs, une balance analytiques de précision 10⁻⁴, une étuve, le bec bunsen, des burettes graduées de 100 mL, des Erlenmeyers, des éprouvettes, une calculatrice, une baguette, du papier hygiénique, des béchers, des capteur de colonies, des pincettes en acier inoxydable à bouts plats, des tubes à essais (16 mm × 125 mm) , des étuves d'incubation réglées à différentes températures, de l'alcool, l'autoclave, le bain marie à 45°C, des flacons pour milieux de cultures.

1.2 Méthode

1.2.1 Echantillonnage

Six forages ont été échantillonnés dans la commune de Ratoma (ancien découpage administratif) : Hamdallaye ; Kipé ; Soloprime ; Démoudoula ; Cobaya ; Foula-Madina. Deux principaux facteurs ont conduit au choix des sites de prélèvement. En effet, dans la commune de Ratoma, zone d'étude de la présente recherche très peu de foyers sont alimentés par la société des Eaux de Guinée, donc la plupart des habitants utilisent l'eau de forage. La densité de la population autour des sites et leur accessibilité constituent le second facteur. Trois prélèvements ont été effectués en une journée. Le premier, tôt le matin ; le deuxième en milieu de la journée et le troisième en soirée. Les échantillons prélevés ont été mis dans des flacons en polyéthylène de capacité 500 mL pour être transportés dans une glacière au laboratoire de l'Office National de Contrôle de Qualité (ONCQ) de Matoto pour les analyses. Les analyses ont porté sur deux (2) types de paramètres : L'analyse physicochimique et l'analyse microbiologique.

1.2.2 Paramètres physicochimiques

Le pH a été déterminé par la méthode électrométrique par utilisation d'un pH-mètre HANA HI : 1832 ; le taux de sel dissouts a été évalué par la méthode gravimétrique. La méthode conductimétrique a été utilisée conformément à la norme NF EN 27888 pour l'évaluation de la conductivité des eaux prélevées. Le titre alcalimétrique complet a été évalué par titrimétrie et la méthode complexométrique (EDTA) a été mise en œuvre pour la détermination de la dureté totale. L'évaluation de la turbidité a été effectuée au turbidimètre HANNA [*Bouchemal et al., 2015 ; Heriarivony et al., 2015 ; Fambi et al., 2021 ; Kouadri, 2022 ; Aggoune, 2019*].

1.2.3 Paramètres microbiologiques

L'analyse microbiologique effectuée consiste à faire le dénombrement des principaux germes microbiens présents dans l'eau, ce sont les flores mésophiles anaérobies totales (FMAT), les coliformes totaux et fécaux (CT ; CF), les streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR). Aussitôt après les prélèvements, les échantillons d'eau ont été immédiatement transportés au laboratoire. Un (01) mL de chaque échantillon d'eau estensemencé dans divers milieux nutritifs gélosés spécifiques coulés dans les boîtes de pétri. La nature du milieu de culture utilisé et les conditions d'incubation (température et durée) dépendent en effet des germes à rechercher. Les Flores Aérobie Mésophile Totale ou FMAT ont été déterminées conformément à la norme NF EN ISO 4833. Les germes anaérobies mésophiles totaux sont incubés sur le Plat Count Agar ou PCA à 30°C pendant 24 à 48 heures [*Soncy et al., 2015 ; Janvier et al., 2022*]. Les coliformes totaux et

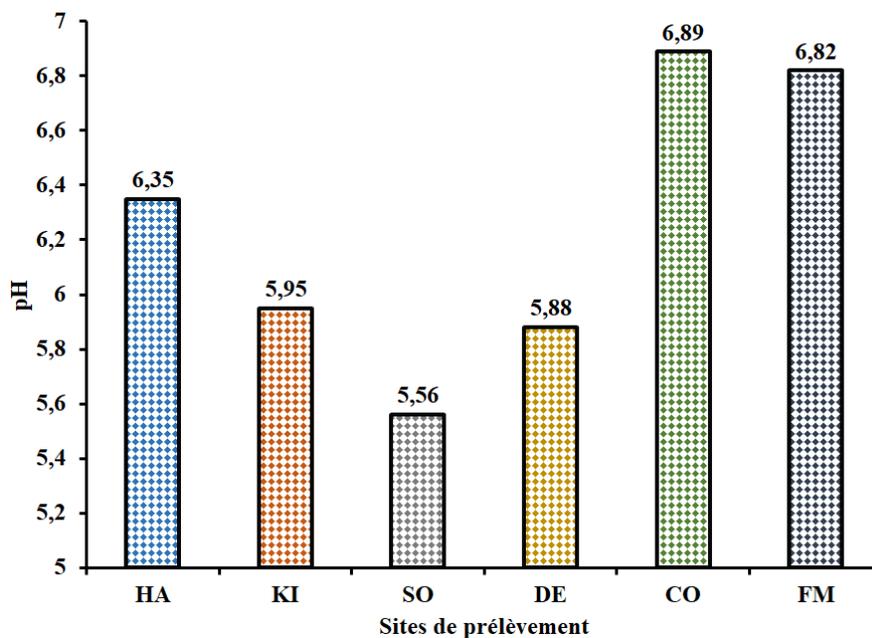
fécaux sont incubés sur le Violet Cristallisé au Rouge neutre à la Bille ou VRBD à 37°C et 45°C pendant 24 à 48 heures [Miriac et al., 2020 ; Kouarta, 2020 ; Chippaux et al., 2002]. Les streptocoques fécaux sont incubés sur le milieu Slanetz and Bartler à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les Anaérobies sulfito-réducteurs sont incubés sur le milieu de la Viande Foie ou VF à 46°C pendant 24 à 48 heures [Djeri et al., 2016 ; Nanfack et al., 2014 ; Djebba et al., 2021]. Il est à rappeler que les FMAT sont de couleur blanche, les CT et CF sont de couleur rouge foncé, les ASR sont de couleur noire et les SF sont de couleur violette.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1 Evolution des paramètres physicochimiques

Pour l'ensemble des échantillons les valeurs de pH oscillent entre 5,56 et 6,89 telqu'on peut l'observer sur la Figure N°1. L'échantillon du site de Soloprino présente le pH le plus faible ce qui correspond à l'acidité la plus élevée, par contre les échantillons des sites de Cobaya et Foula Madina présentent les valeurs de pH les plus élevées. Ces deux derniers sites présentent des valeurs de pH conforme à la norme de l'OMS. Par contre les échantillons des autres sites présentent des pH inférieurs à la norme de l'OMS. En outre le caractère acide le plus marqué de l'eau est celui provenant de Soloprino qui pourrait être dû au relief lorsqu'on sait que ce relief favorise un ruissellement dense, une quasi-absence d'infiltration et la concentration des ions H⁺ dans ce puits [Nanfack et al., 2014 ; Normes de l'OMS sur l'eau potable ; Ghazali et al., 2013].

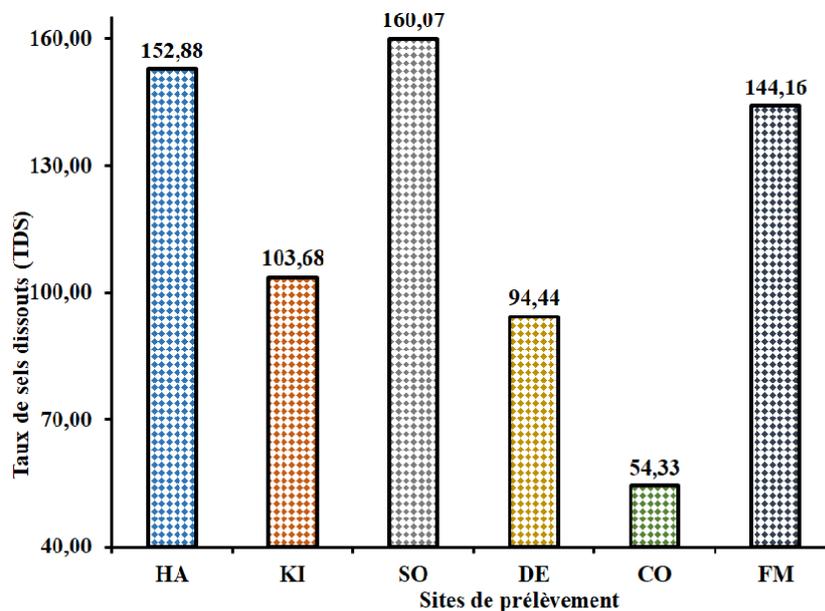
Figure N° 1 : Evolution du pH des échantillons



Source : Auteurs

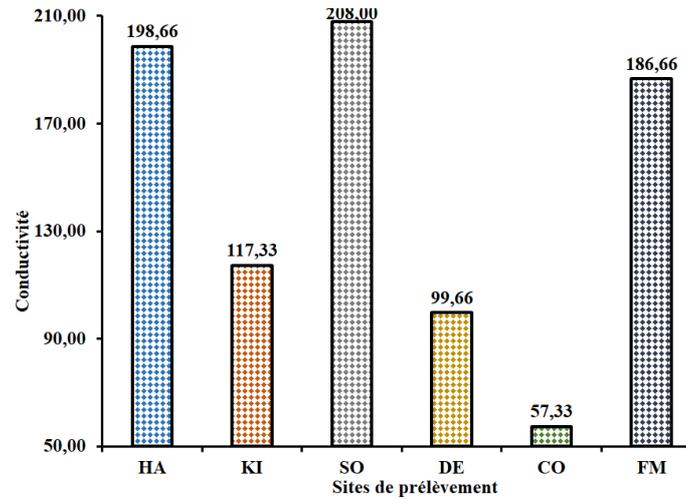
La moyenne du taux de sels dissous, TDS des différents sites est illustrée par la Figure N°2 . Ces valeurs de TDS obtenues varient entre 54 ,33 et 160,07 et sont largement inférieures à la limite définie par la norme de l’OMS. Cependant le site de Soloprino présente le taux le plus élevé en TDS avec une valeur de 160,07mg/L; ce qui traduit une forte minéralisation et pourrait être due au relief (le forage est en hauteur). Le plus faible taux de TDS est observé à Cobaya, 54,33mg/L ; et pourrait s’expliquer par la nature du sol, de type granitique et situé au basfond ainsi que la faiblesse de l’infiltration des minéraux [*Normes de l'OMS sur l'eau potable ; Diomande et al., 2022*].

Figure N° 2 : Valeurs moyennes de TDS des échantillons.



Source : Auteurs

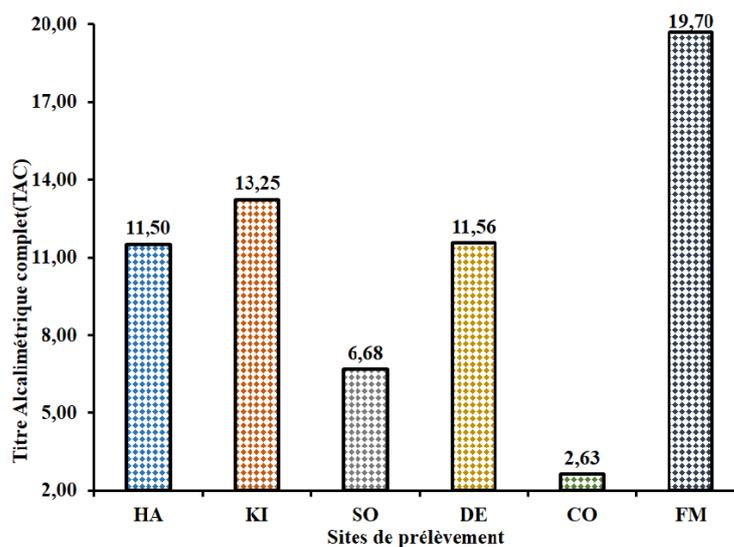
Les résultats de la conductivité des sites sont représentés dans l’histogramme de la Figure N°3

Figure N° 3 : Valeurs moyennes de la conductivité des échantillons.

Source : Auteurs

L'eau des échantillons analysés présente des conductivités qui varient entre 57 et 208 avec des valeurs plus marquées pour les sites de Soloprismo, Hamdallaye et Foula Madina. Le site de Cobaya a le taux le moins élevé, ceci pourrait être dû à la nature du sol comme il a été précédemment expliqué. Globalement la conductivité des échantillons d'eaux analysées est conforme à la norme de l'OMS relative à la qualité des eaux de consommation comme cela a été rapporté par plusieurs auteurs [Ahoudi et al., 2015 ; Kouassi et al., 2014]. Ce constat permet d'accorder du crédit en terme de qualité de ces eaux.

L'histogramme de la Figure N°4 montre les résultats du Titre Alcalimétrie Complet (TAC) des différents échantillons.

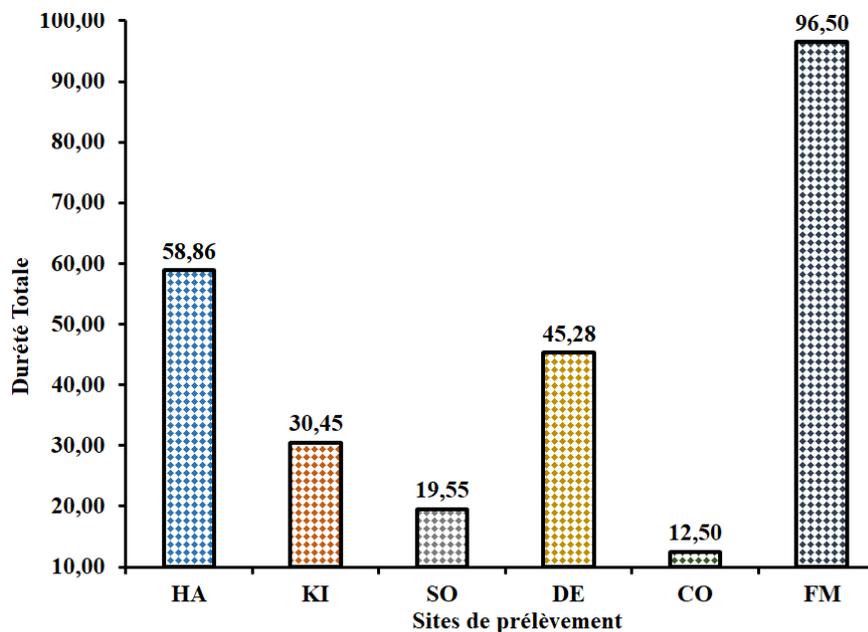
Figure N°4 : Valeurs moyennes du TAC des échantillons.

Source : Auteurs

Le taux d'alcalinité complet des échantillons d'eau analysés pour les six sites varie entre 2,63 et 19,7 avec des valeurs plus marquées à Foula Madina. Ce taux élevé pour ce site peut s'expliquer par un taux d'acidité quasiment constant avec des valeurs de pH qui tournent autour de 6,8. Par contre à Cobaya où nous avons observé le taux le plus faible se traduisant par la nature plus ou moins granitique du sol moins chargé en ions calcium et magnésium . Ce constat est en rapport avec les données de la littérature traduisant l'influence de la nature des sols sur les eaux de puits. [*Mahamane et al., 2015 ; Kouassi et al., 2014*].

Dans le souci de s'informer sur le degré de minéralisation en termes d'ions divalents, la dureté totale des échantillons a été évaluée et les résultats sont représentés dans l'histogramme de la Figure N°5

Figure N° 5 : Valeurs moyennes de la dureté totale des échantillons



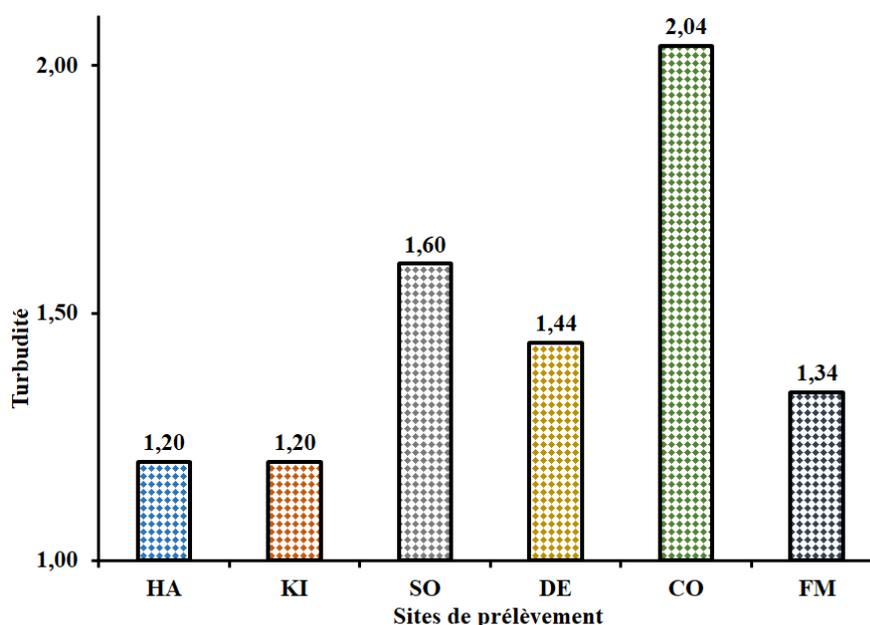
Source : Auteurs

Au cours des travaux d'analyse, les valeurs de dureté totale obtenues varient entre 12,5 et 96,5 mg/L ; ces valeurs sont largement inférieures à la limite définie par la norme de l'OMS indiquant la fourchette de 150 à 200mg/L. Cependant, les sites de Cobaya, de Soloprime, de Kipé et de Démoudoula présentent des taux extrêmement faibles. Les deux premiers présentent des eaux douces alors que les deux derniers présentent des eaux relativement dures. Par contre, les échantillons d'eaux des sites de Hamdallaye et de Foula Madina révèlent une dureté assez élevée, 58,86 et 96,50 mg/L respectivement avoisinant la limite inférieure définie par la norme OMS. Ce comportement pourrait s'expliquer par la forte concentration du calcium et du magnésium dans ces échantillons comme il a été relevé dans la littérature [*Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Maoudo et al., 2020*].

L'évaluation du caractère limpide des échantillons d'eau a été effectuée par la mesure de la turbidité dont l'évolution des résultats est présentée par l'histogramme de la Figure N°6

L'analyse des résultats indique une variation de la turbidité entre 1,20 et 2,04 NTU ; ces valeurs sont conformes à la norme de l'OMS. [Karambiri et al., 2023]. Cependant le relief et la nature des sols influent sur le caractère limpide des eaux analysées. En effet le site de Cobaya présente des échantillons à turbidité relativement élevée qui s'explique par une infiltration plus dense des eaux de ruissellement.

Figure N°6 : Valeurs moyennes de la turbidité des échantillons.



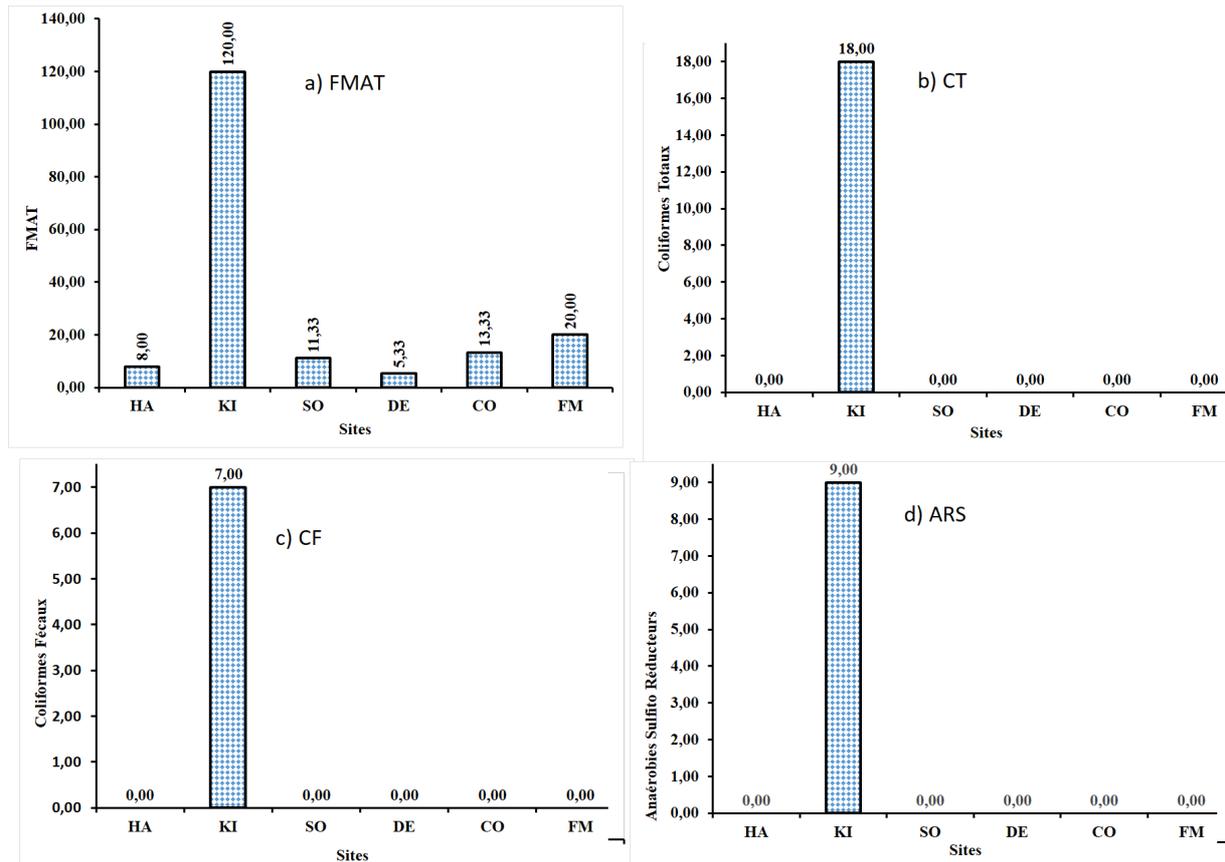
Source : Auteurs

2.2 Evolution des paramètres microbiologiques

Au cours de ce travail cinq paramètres microbiologiques ont été explorés, les flores mésophiles anaérobies totales (FMAT), les coliformes totaux et fécaux (CT ; CF), les streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Les résultats des paramètres microbiologiques sont représentés dans l'histogramme de la Figure N°7. Aucun échantillon des six sites n'a révélé présence des streptocoques fécaux. L'analyse microbiologique des échantillons d'eaux présente des valeurs moyennes de FMAT variant entre 5,33 et 120 colonies par millilitre. Même si ces différentes valeurs, pour les cinq premiers sites restent dans la fourchette admise par la norme de l'OMS, le site de Kipé présente un taux hors norme. Par ailleurs au-delà du taux élevé de FMAT dans l'échantillon de Kipé, les coliformes fécaux et totaux ainsi que les Anaérobies Sulfito-réducteurs y ont été identifiés. Ce constat permet d'affirmer le caractère insalubre de ce forage ; en effet aucune eau potable ne doit

contenir ces germes (CF, CT et ASR). Ce conformément aux normes définies par l’OMS et corrélées par les données de la littérature [Kouadri, 2022 ; Aggoune, 2019 ; Djebbar et al., 2021 ; Kyalwahi et al., 2023 ; Tampo et al., 2014 ; Vodounou et al., 2018 ; Traore, 2020]. La présence de ces germes dans ses échantillons pourrait s’expliquer par l’environnement de ce forage caractérisé par la proximité des latrines et la vétusté des installations.

Figure N°7 : Valeurs moyennes des paramètres microbiologiques.



Source : Auteurs

3. DISCUSSION

Conformément à la norme OMS relative à la qualité des eaux de boisson, les eaux des sites de Soloprime, Démoudoula, Kipé et Hamdallaye sont impropres à la consommation car les échantillons présentent des pH inférieurs à la valeur minimale requise [Normes de l’OMS sur l’eau potable]. Cependant le taux de sel dissout pour l’ensemble des sites prélevés reste conforme aux indications relatives à la qualité des eaux de consommation et aux données de la littérature [Diomande et al., 2022]. Le taux d’alcalimétrie complet des échantillons analysés est comparable aux résultats antérieurs trouvés dans la littérature [Mahamane et al., 2015 ; Kouassi et al., 2014]. Selon la qualité

des eaux de consommation recommandée par l’OMS, le TAC obtenu pour les différents échantillons ne représente pas de danger pour les consommateurs ; ce qui est en conformité avec le seuil de détection par le gout qui se situe entre 100 et 300mg/L [*Tampo et al., 2014*]. Du point de vue turbidité des échantillons analysés, les résultats obtenus sont inférieurs à la limite de 5NTU indiqué par la norme de l’OMS et sont comparables aux données de la littérature [*Karambiri et al., 2023*]. Il ressort de ce travail que l’eau de Kipé est impropre à la consommation par rapport aux résultats obtenus sur les paramètres microbiologiques. [*Kyalwahi et al., 2023 ; Tampo et al., 2024 ; Vodouno et al., 2018 ; Traore, 2020*].

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif de procéder à l’analyse physicochimique et microbiologique des eaux de forage de la Commune de Ratoma en vue de s’assurer de leur potabilité. Onze (11) paramètres dont six (06) physicochimiques et cinq (05) microbiologiques ont été déterminés sur dix-huit (18) échantillons provenant de six (06) sites. Les résultats obtenus sur les paramètres physicochimiques attestent que le pH est inférieur à la norme de l’OMS (6,5 - 9,5) exception faite pour les échantillons de Cobaya et de Foula Madina (6,89 et 6,82). Les valeurs du taux de sel dissout (TDS), de la conductivité, du taux d’alcalinité complet (TAC), de la turbidité et de la dureté totale (DT) sont conformes à la norme de l’OMS et aux données de la littérature. Pour les paramètres microbiologiques, seul le site de Kipé présente des échantillons contaminés par les Coliformes Fécaux et Totaux et les Anaérobies Sulfito-Réducteurs, germes potentiellement dangereux. Cependant, on relève la présence des Flores Mésophiles Anaérobies Totaux (FMAT) dans les échantillons des autres sites mais avec un seuil largement inférieur aux limites définies par la norme de l’OMS. En conséquence, l’eau de forage du site de Kipé, âgé de plus de 13 ans, s’avère être potentiellement dangereuse pour la consommation.

Au regard des résultats obtenus et dans le but d’améliorer la qualité des eaux de forage largement consommées dans la capitale guinéenne, les scientifiques et les décideurs politiques doivent mutualiser leurs efforts en vue d’une réglementation du processus d’ouverture des forages dans le respect des normes relatives à la distanciation « forages – fosses septiques », l’installation des systèmes de filtration à la tête des pompes et le respect des normes d’hygiène. Faire de l’analyse périodique des eaux de forage une nécessité impérieuse pour s’assurer de leur potabilité.

En perspective, cette étude sera poursuivie par l’exploration d’autres paramètres sur des périodes séquencées et le suivi régulier de leur évolution.

BIBLIOGRAPHIE

- AGGOUNE KOUDS, B. N. (2019). Analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et des quatre forages de la nappe phréatique d'Oued El Maiz-Guelma.
- AHOUDI, H., GNANDI, K., TANOUAYI, G., & OURO-SAMA, K. (2015). Caractérisation Physico-chimique et état de pollution par les éléments traces métalliques des eaux souterraines de Lomé (Sud Togo) : cas du quartier Agoe Zongo. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (24), 41-56
- BAECHLER, L. (2012). La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. *Europe en formation*, (3), 3-21.
- BAH, A. K., MORIN, R., & DIALLO, A. (2009). Coûts et niveaux de consommation différenciés de l'eau des ménages dans les villes africaines : Le cas de Conakry. *Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement*, 28(3-4), 415-437.
- BAH, M. (2023). Analyse de la croissance spatiale de la commune de Ratoma (Conakry, Guinée) de 1980 à 2022 et ses conséquences socio-économiques et environnementales.
- BAMBA, S. K. A., & MAIGA4-MAMADOU, M. K. A. Analyse de la démarche Qualité vers une extension normative ISO 9001/2015 au sein de la Société des Eaux de Guinée à Conakry.
- BARON 1, CATHERINE et BONNASSIEUX 2, Alain. 2011. Les enjeux de l'accès à l'eau en Afrique de l'Ouest : diversité des modes de gouvernance et conflits d'usages. *Monde en développement*, no 4, p. 17-32.
- BEAVOGUI, A. H. (2023). Profil épidémiologique des parasitoses intestinales chez les enfants d'âge scolaire reçus au centre médical communal de matam, conakry, guinée. *Revue Africaine et Malgache de Recherche Scientifique/Sciences de la Santé*, 3(2).
- BELGHITI, M. L., CHAHLAOUI, A., BENGOUIMI, D., & EL MOUSTAINE, R. (2013). Etude de la qualité physico- Chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio- quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).
- BENBLIDIA, MOHAMMED et THIVET, Gaëlle. 2010. Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. *Les Notes d'analyse du CIHEAM*, vol. 58, p. 15.
- BENFETTOUME, F. (2015). La problématique de l'eau potable : analyses, traitements et recommandations.

- BIDI, Z., & DJIDJA, C. (2020). Analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de Mizrana (Tizi-Ouzou) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- BOUCHEMAL, Fattoum et ACHOUR, Samia. 2015. Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, no 22, p. 197-212.
- BOUGUERRA, M. L., DARMAME, K., & DIOP, M. (2010). Il y a loin de la coupe aux lèvres : quand l'accès à l'eau devient un enjeu de gouvernance (Vol. 181). ECLM.
- BOURÉE, P. 2019. Gravité des diarrhées aiguës de l'enfant. Médecine et Santé Tropicales, vol. 29, no 1, p. 27-27.
- BOURÉE, P. 2019. Gravité des diarrhées aiguës de l'enfant. Médecine et Santé Tropicales, vol. 29, no 1, p. 27-27.
- BOUTALEB, S., BOUKERKEB, R., TALBI, S., & BOULDJEDRI, M. E. (2004). Analyse physico-chimique et microbiologique des eaux de consommation de la commune d'El-Milia (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- BUISSON, Y. V. E. 2001. Les diarrhées, un problème de santé publique. Médecine tropicale, vol. 61, no 3, p. 205-209.
- CAMARA, G., TRAORE, F. A., SIDIBE, S., KOIVOGUI, E., FADIGA, M. S. D., TOURE, A. A., & KOUROUMA, M. L. (2023). Déterminants de la diarrhée chez les enfants de 0–59 mois en Guinée. Une analyse secondaire multi-niveau de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) 2018 GUINEE-CONAKRY. Revue Marocaine de Santé Publique, 10(16).
- CHAUMONT, FRANÇOIS, le vendredi 3 décembre 2010. Les mouvements de l'eau dans les organismes vivants : l'exemple de la plante Communication présentée au colloque : « Or bleu, indispensable, inodore et sans saveur », Institut de mathématique de l'Université de Liège, Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège.
- CHIPPAUX, J. P., HOUSIER, S., GROSS, P., BOUVIER, C., & BRISSAUD, F. (2002). Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. Bull Soc Pathol Exot, 94(2), 119-123.
- COUMARE, K., DIALLO, T., SIBY, L., HAIDARA, A., TRAORE, M., COULIBALY, M., ... & KOUMARE, B. Y. (2018). La qualité bactériologique des eaux de consommation (forages et puits) dans trois cercles de la région de Koulikoro, Mal. Revue Malienne d'Infectiologie et de Microbiologie, (1).

- DAFFLON, B. (2010). I. L'économie politique de l'eau potable : de la source au robinet. Les enjeux de la gestion publique locale. *Annuaire des Collectivités Locales*, 30(1), 43-60.
- DEMTEZEMB NZO FOTIO, B., & TSALEFAC, M. (2024). Vulnérabilité des populations aux maladies infectieuses d'origine hydrique en milieu urbain tropical : un construit influencé par les pratiques d'usage d'eau et d'assainissement dans la ville de Mbouda (Ouest-Cameroun). *Suds*, 288, 111-143.
- DIALLO, Y. (2003). Conceptions populaires soso de la transmission des maladies et pratiques de prévention en Guinée maritime. D. Bonnet et Y. Jaffré (dirs), 101-129.
- DIOMANDE, M., KOUASSI, C. J., KOUASSI, K. E. G., KOFFI, Y. B., KONE, B., & CISSE, G. (2022). Évolution spatio-temporelle de la qualité des eaux de la nappe d'Abidjan entre Juillet 2018 à Mars 2019. *Afrique SCIENCE*, 21(6), 21-33.
- Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum]. Genève : Organisation mondiale de la Santé ; 2017. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://apps.who.int/iris>
- DJEBBAR, I., & CHITTI, T. (2021). Etude de la qualité bactériologique et parasitologique des eaux de consommation des forages de Boukhalifa (Tizi-Ouzou) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- DJERI, B., AWUSSI, A., ANANI, K., BOGUIDO, G., SONCY, K., ADJRAH, Y., ... & KAROU, D. S. (2016). Évaluation des propriétés antimicrobiennes des javels vendues à Lomé sur quelques germes isolés de l'eau de consommation. *Journal of Applied Biosciences*, 97, 9152-9162.
- DOSSO, M., COULIBALY, M., & KADIO, A. (1998). Place des diarrhées bactériennes dans les pays en développement. *Bull Soc Path Ex*, 5(91), 402-5.
- FAMBI, K., AYAH, M., SOSSOU, K. S., BOGUIDO, G., BAWA, L. M., & DJANEYE-BOUNDJOU, G. (2021). Qualité et essais de traitement des eaux en milieu périurbain : cas des eaux de forage des cantons Légbassito et Vakpossito (Togo). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(1), 317-337.
- GHAZALI, D., & ZAID, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12)
- HERIARIVONY, C., RAZANAMPARANY, B., & RAKOTOMALALA, J. E. (2015). Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune

- rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, Madagascar. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (24), 7-17.
- JANVIER, BHK, ROSE, KW, IBOURAIMA, Y. ET CHRISTIAN, JR (2022). Estimation de la contamination des eaux de surface par les pyréthriinoïdes et le glyphosate dans les zones cotonnières de Kerou et Pehunco au nord-est du Bénin. Journal sur la pollution de l'environnement et la santé humaine, 10 (2), 46-53.
- KACHI, S., KACHI, N., & KHERICI, N. (2013). Caractérisation physico-chimique de quelques sources municipales d'approvisionnement en eau potable (région de Guelma). Recueil des résumés, 37.
- KAHOUL, M., & TOUHAMI, M. (2014). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (19).
- KANDE, H. (2024). Proposition d'éducation à l'environnement axée sur la gestion des déchets solides ménagers pour des adultes-citoyens vivant dans les ménages en villes de la République Démocratique du Congo (pays en développement). Revue Internationale du Chercheur, 5(3).
- KARAMBIRI, I., DABIRE, A. M., ZOUNGRANA, B., MEDA, N. S. D., & OUEDRAOGO, B. (2023). Évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de puits de la ville de Dédougou, Burkina Faso. Afrique SCIENCE, 23(2), 1-13.
- KETTAB, AHMED, MITICHE, RATIBA, et BENNAÇAR, NAOUAL. 2008 : De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. Revue des sciences de l'eau, vol. 21, no 2, p. 247-256.
- KOUADRI, S. (2022). Etude hydro-chimique et modélisation de la qualité des eaux souterraines (Cas de la Wilaya d'ILLIZI) (Doctoral dissertation, Université KASDI-MERBAH Ouargla).
- KOUARTA RANIA, H. M. (2020). Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et quatre forages de la nappe phréatique de Guelma.
- KOUASSI, A. M., MAMADOU, A., AHOUSSE, K. E., & BIEMI, J. (2014). Conception de modèles statistiques à variables hydrochimiques pour la prédiction de la conductivité électrique des eaux souterraines. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (20).
- KYALWAHI, O. K., FURAHA, B. M., & MOKALA, S. N. (2023). Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits de la Commune Mususa en Ville de Butembo. Parcours et Initiatives : Revue interdisciplinaire du Graben (PIRIG), (25), 111-126.

- LAGNIKA, M., IBIKOUNLE, M., MONTCHO, J. C., WOTTO, V. D., & SAKITI, N. G. (2014). Caractéristiques physicochimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79, 6887-6895.
- LESNE, J. (1998). Hygiène publique, microbiologie et gestion de l'eau. *Bull Soc Pathol Exot*, 91, 438-44.
- MAHAMANE, A. A., & GUEL, B. (2015). Caractérisations physicochimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(1), 517-533.
- MAKPONSE, M. (2024). Pollution esthétique dans la ville de Cotonou au Bénin: quels aménagements pour une urbanisation durable?. *Revue Internationale du Chercheur*, 5(3).
- MAMY, D., DIALLO, A., SYLLA, M., SANGARE, A., & SIDIME, Y. (2020). N 005-novembre 2020. Fortification de la farine infantile de colocasia esculenta (lam) avec la feuille de moringa oleifera (lam) à l'institut de nutrition et de sante de l'enfant (inse)-conakry (république de guinee).
- MAOUDO, H. A. N. E., DIAGNE, I., NDIAYE, M., & NDIAYE, B. (2020). Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Malème dans la région de Tambacounda (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 14(9), 3400-3412.
- MIRIAC, A. S. D., NOUKPO, A., & CHRISTOPHE, H. S. (2020). Eau De Consommation Et Maladies Hydriques Dans La Commune De Lokossa Au Sud-Ouest De La République Du Benin (Afrique De L'ouest). *European Scientific Journal*, ESJ, 16(15), 393-4017. Mwanza, P. B., Katond, J. P., & Hanocq, P. (2019).
- MONDIALE DE LA SANTE, O. (2021). Résistance aux antimicrobiens et plan-cadre de cooperation des Nations Unies pour le développement durable : Orientations pour les équipes de pays des Nation Unies. Food & Agriculture Org.
- NABBOUTI, S., HASIB, A., KHEDID, K., QUASMAOUI, A., AL ASKARI, G., & MENNANE. Z, AMLOU PRODUIT DE TERROIR MAROCAIN, (2014): Qualité hygiénique et étude de l'antibiorésistance des souches de contamination (AmLou Moroccan terroir product: hygienic quality and study of the bacteria resistance). *J. Mater. Environ. Sci*, 5, 661-666.
- NANFACK, N. A., FONTEH, F., VINCENT, K., KATTE, B. R. I. D. G. E. T., & FOGOHO, J. (2014). Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (17).

Normes de l'OMS sur l'eau potable Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

SELBORNE, LORD, 2000. Éthique de l'utilisation de l'eau douce : vue d'ensemble. Unesco.

SONCY, K., DJERI, B., ANANI, K., EKLOU-LAWSON, M., ADJRAH, Y., KAROU, D. S., ... & DE SOUZA, C. (2015). Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de forage à Lomé, Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 91, 8464-8469.

TAMPO, L., AYAH, M., KODOM, T., TCHAKAKLA, I., BOGUIDO, P., BAWA, L., & DJANEYE, B. (2014). Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé : cas des quartiers de Démakpoé et d'Agbalépédogan (Togo). *Journal of Applied Biosciences*, 75, 6272-6281.

TIAMBA, DIOMANDE et KIREEVA, I. Yu. 2020. Problèmes liés à l'approvisionnement en eau potable des populations du continent africain. In : *Перспективы развития строительного комплекса*. p. 122-125.

TOGBA, J. (2005). Développement d'une stratégie de préfinancement des soins de santé communautaire en zone rurale : cas du village de Brouadou en République de Guinée.

TRAORE, L. B. (2020). Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits, de forages et de bornes fontaines de senou dans la commune vi de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*, 1(23), 33-41.

VODOUNOU, J. B. K., & DENONSI, A. O. (2018). Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits dans la ville de Parakou, Centre-Bénin. *Afrique SCIENCE*, 14(3), 336-352.