



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux à usages domestiques du quartier Kahounga, Brazzaville, République du Congo

Avinth Carmel KOUNAMPO-OKOOU^{1,3}, Christ Bardoul ENGAMBE^{1,2*},
Merline Lady KOUHOUNINA BANZOUZI^{1,2}, Promesse MOUSSOKI NSONA³,
Jean Claude BIBILA MAFOUMBA^{1,2} and Martin TCHOUMOU^{2,3}

¹ Faculté des Sciences Appliquées, Université Denis SASSOU-N'GUESSO, République du Congo.

² Laboratoire de chimie minérale et appliquée, faculté des Science et Techniques, Université Marien N'GOUABI, République du Congo.

³ Plant and Life Chemistry Unit, Faculty of Science and Technology, University Marien Nguabi, Brazzaville, Republic of Congo.

*Auteur correspondant ; E-mail: christengambe1@gmail.com

Received: 29-08-2024

Accepted: 27-12-2024

Published: 31-12-2024

RESUME

Les populations du quartier Kahounga utilisent les eaux des puits comme eaux à usages domestiques au détriment de l'eau fournie par la Congolaise de eaux (LCDE). Cette étude avait pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux prélevées dans sept (07) puits au quartier Kahounga, Brazzaville, République du Congo. Plusieurs méthodes d'études ont été utilisées : le pH a été mesuré par la méthode pH-métrique, le TDS (total solide dissout) et la CE (conductivité électrique) par la méthode conductimétrique, la turbidité par ma méthode turbidimétrique, les matières en suspension, le magnésium, le calcium, le sulfate, le nitrate, bicarbonate ont été dosé par la méthode spectrométrique. Les germes totaux, les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les bactéries sulfito-réductrices ont été mesurés par la méthode de filtration sur membrane. Les valeurs moyennes ont été comparées aux normes de l'OMS relatives aux eaux de consommation. L'étude de la corrélation entre les variables a été aussi appliquée. Il ressort des résultats que les eaux des puits sont légèrement acides avec moyenne de pH de $6,78 \pm 0,42$. Elles sont faiblement minéralisées avec une conductivité électrique moyenne de $232,13 \pm 91,42 \mu\text{S/cm}$. Ces eaux sont riches en matières en suspension avec une moyenne de $3,51 \pm 2,57 \text{ mg/L}$. De même ces eaux sont riches en nitrate avec une valeur moyenne de $71,25 \pm 43,4 \text{ mg/L}$. Les eaux des puits de Kahounga sont infectées par les germes totaux et coliformes totaux. Une forte corrélation est constatée entre plusieurs paramètres physico-chimiques. Les eaux des puits de Kahounga ne sont pas conformes aux directives de l'OMS, donc déconseillées à l'usage domestique.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : eaux de puits, paramètres physico-chimiques, paramètres microbiologiques, normes de l'OMS.

Evaluation of the physicochemical and microbiological quality of water for domestic use in the Kahounga district, Brazzaville, (Republic of Congo)

ABSTRACT

The populations of the Kahounga district use well water as water for domestic use to the detriment of water supplied by Congolaise de eaux (LCDE). The aim of this study was to assess the physicochemical and microbiological quality of water collected in seven (07) then in the Kahounga district, Brazzaville, Republic of Congo. Several study methods were used: pH was measured by the pH-metric method, TDS (total dissolved

solids) and EC (electrical conductivity) by the conductimetric method, turbidity by my turbidimetric method, suspended matter, magnesium, calcium, sulfate, nitrate, bicarbonate were measured by the spectrometric method. Total germs, total coliforms, fecal coliforms and sulfite-reducing bacteria were measured by the membrane filtration method. The average values were compared to WHO standards for drinking water. The study of the correlation between the variables was also applied. The results show that the well waters are slightly acidic with an average pH of 6.78 ± 0.42 . They are weakly mineralized with an average electrical conductivity of $232.13 \pm 91.42 \mu\text{S/cm}$. These waters are rich in suspended matter with an average of $3.51 \pm 2.57 \text{ mg/L}$. Similarly, these waters are rich in nitrate with an average value of $71.25 \pm 43.4 \text{ mg/L}$. The waters of the Kahounga wells are infected by total germs and total coliforms. A strong correlation is noted between several physicochemical parameters. The waters of the Kahounga wells do not comply with WHO guidelines, therefore not recommended for domestic use.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords : well water, physicochemical parameters, microbiological parameters, WHO standards.

INTRODUCTION

L'eau présente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant (El-Ouali et al., 2014 ; Balloy et al., 2019). C'est aussi un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique. L'eau est utilisée dans l'irrigation, l'abreuvement de bétail, comme eau ménagère et parfois comme eau de boisson dans certaines zones. L'eau est une ressource renouvelable menacée en permanence par des pollutions, entre autres, d'origines démographiques, agricoles et industrielles (Yapo et al., 2020 ; Mohamed et al., 2013). La forte croissance démographique que connaissent les pays en voie de développement et leurs conditions économiques difficiles entraînent une urbanisation anarchique et incontrôlée (Chipaux et al., 2002, Ye et al., 2020). Cette augmentation démographique s'accompagne d'une forte demande en eau potable. Cette situation de risque de pollution urbaine des eaux souterraines et son probable impact sur la santé des consommateurs, ajoutée à une absence d'études sur la qualité microbiologique des eaux souterraines de la région (Mohamed et al., 2013).

En République du Congo, plus particulièrement dans les grandes villes, l'approvisionnement en eau potable est assuré par une société nationale : La Congolaise Des Eaux (LCDE). La qualité d'une eau se mesure par la connaissance des concentrations de ses paramètres physiques et physico-chimiques. Une eau de mauvaise qualité peut être à l'origine de multiples maladies hydriques, ces

maladies peuvent causer de nombreux décès, en particulier des décès infantiles (El-Ouali et al., 2014 ; Nimri et al., 2004). Brazzaville, la capitale politique de la République du Congo, connaît une détérioration de la qualité de ses eaux de surfaces et souterraines due à une urbanisation anarchique et mal maîtrisée (Andzi-Barhé et al., 2013 ; Nkounkou et al., 2017). Les besoins en eau des populations sont grandissants et l'urbanisation incontrôlée pourrait exacerber les impacts négatifs sur la qualité des ressources en eaux, cela ne permet pas à La Congolaise Des Eaux (LCDE) de fournir de l'eau potable à toutes les populations afin de satisfaire leurs besoins. Des habitants des quartiers périphériques sont obligés d'utiliser des eaux des diverses origines telles que : les eaux de puits, de source, de forage, de pluies ou des cours d'eau sans aucun traitement préalable, cette pratique peut être une source de nuisance à la santé des populations consommatrices de ces eaux. Dans la littérature, plusieurs études ont été effectuées sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux des puits, ces études ont révélées que ces eaux non traitées contiennent des polluants en quantités très élevées et peuvent causer des maladies graves chez les consommateurs (Mbawala et al., 2010 ; Soncy et al., 2015). Dans le but d'avoir un aperçu sur la qualité des eaux de puits, notre étude de recherche se base sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux prélevées dans les puits du quartier Kahounga à Brazzaville.

MATERIEL ET METHODES

Situation géographique et description de la zone d'étude

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués dans les puits d'eau à usage ménagé dans le quartier Kahounga, au nord de Brazzaville, dans l'arrondissement 9 (Djiri). Kahounga est un quartier défavorisé. Ce quartier est situé dans le bassin versant de la rivière Tsiémé, qui est l'un des plus petits affluents de fleuve Congo. Les coordonnées géographiques des différents puis sont indiqués dans le Tableau 1.

Prélèvement et transport des échantillons

Les échantillons d'eau ont été prélevés directement dans les puits à l'aide d'un récipient en matière plastique désinfecté avec une solution acidulée par l'acide nitrique diluée puis nettoyé à l'eau distillée, accroché à l'extrémité d'un fil que l'on plonge dans les puits. Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été mis dans les bouteilles en polyéthylène de capacité 1,5 litres, lavées à l'eau distillée. Tandis que les échantillons d'eau destinés aux analyses microbiologiques ont été mis dans les bouteilles en verre, lavées puis stérilisées au préalable à l'autoclave 15 minutes à une température de 105°C. Ces échantillons ont été mis dans une glacière contenant des glaces puis acheminés au laboratoire, où ils sont conservés dans un réfrigérateur à une température inférieure à 4°C (Beatriz et al., 2000 ; El Haissoufi et al., 2011).

Mesure des paramètres

Analyses physico-chimiques

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type HANNA HI 991001 dont l'électrode plongée dans 50 ml d'échantillon d'eau contenu dans un bêcher en agitant. Le TDS et la conductivité électrique ont été mesurés à l'aide d'un conductimètre de type HACH, la lecture s'est faite automatiquement et respectivement en mg/l et en S/cm après avoir immergé sa sonde dans 50 ml de l'échantillon d'eau. La turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre, les valeurs de la

turbidité sont enregistrées automatiquement et lues en NTU. Les matières en suspension et d'autres paramètres chimiques tels que : le magnésium, le calcium, sulfate le carbonate et le carbonate ont été mesurés à l'aide d'un spectromètre de type DR/850, après avoir mis 10 ml de l'échantillon dans la cuve de mesure et les valeurs ont été affichées automatiquement sur l'écran en mg/l.

Analyses microbiologiques

Deux milieux de culture ont été préparés : la plate count agar (PCA), et la coliforme agar. Le CPA a été préparé après la pesée de 23,5 g d'un mélange de : tryptone, extrait d'autolytique de levure, glucose et d'agar. L'ensemble a été mis suspension dans 1 litre d'eau, puis porté à ébullition lentement, tout en agitant jusqu'à dissolution complète. La solution obtenue a été mise dans les flacons stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes (NF EN ISO 4833-2, 2013). Le coliforme agar a été préparé après la pesée de 39,5 g d'un mélange de : peptone, extrait de levure, sel binaire, lactose, chlorure de sodium, rouge neutre, cristal violet et d'agar. L'ensemble a été mis dans un litre d'eau distillée, chauffé sous agitation fréquente et laisser bouillir 1 minute pour dissoudre complètement la suspension, le mélange obtenu a été refroidi à 45-50°C et réparti immédiatement en boîtes (NF ISO 4833-2, 2013). Le dénombrement des colonies a consisté à compter le nombre de colonies qui ont poussé dans les boîtes de pétri après incubation. Ce dénombrement a été fait à l'œil nu et par simple comptage, l'excès des micro-organismes se traduit par la dégradation de milieu de culture (NF EN ISO 4833-2).

Analyses statistiques ou traitement des données

Le logiciel Excel a été utilisé pour le traitement statistique notamment, sur le traçage de graphiques, calcul des moyennes et des variances et l'obtention de la matrice de corrélation.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des différents puits.

Puits	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Puits 4	Puits 5	Puits 6	Puits7
Latitude	04.21147 °	04.21011 °	04.21032 °	04.21161 °	04.21238 °	04.21309 °	04.21485 °
Longitude	015.25195 °	015.25102 °	015.25202 °	015.25265 °	015.25367 °	015.25505 °	015.25687 °

RESULTATS

Paramètres physiques

Le Tableau 2 présente les résultats obtenus sur les mesures de paramètres physiques dans les échantillons des eaux prélevés dans les septes (07) puits. La variation du pH dans les eaux de puits varie entre 6,44 et 7. Ces valeurs sont conformes aux valeurs seuilles fixées par l’OMS pour les eaux potables.

Le TDS montre une large variation de la composition chimique des eaux des puits, les valeurs de TDS mesurées dans les eaux des puits varient entre un minimum 65,8 et un maximum 186,4 mg/l, la moyenne est d’environ $100,28 \pm 44,83$ mg/l, confirmant ainsi l’ordre de grandeur de la conductivité des eaux. Les valeurs de la conductibilité électrique enregistrées dans les eaux de puits varient entre un minimum 146,07 μ S/cm et un maximum 431,82 μ S/cm, la moyenne est d’environ $232,13 \pm 91,42$ μ S/cm.

Les valeurs de turbidité mesurées dans les eaux des puits varient entre 1,4 et 9,1 N.T.U avec une moyenne de 3,85 N.T.U. La valeur moyennes de la turbidité enregistrée dans ces eaux des puits est inférieure aux normes de l’OMS.

La plus faible valeur des concentrations des matières en suspension dans les eaux de puits étudiés est celle enregistrée dans le puits 4 (0,8 mg/l), tandis que la plus grande valeur est obtenue dans le puits7 (9,8 mg/l). La moyenne des matières en suspension obtenue dans les eaux de ces puits est 3,51 mg/l. Une différence significative a été notée entre cette valeur moyenne et la valeur seuille préconisées par l’OMS (1 mg/l).

Evaluation paramètres chimiques

Les résultats des analyses des paramètres chimiques sont présentés dans le Tableau 3. La concentration du magnésium dans les eaux des puits varie entre 0,5 et 0,64 mg/l, ces valeurs sont largement inférieures à la seuille préconisée par l’OMS (70 mg/l). La concentration du calcium dans les eaux des puits varie entre 5,39 et 16,74 mg/l. La moyenne des concentrations de calcium (9,17 mg/l) est largement inférieure aux normes de l’OMS (50 mg/l).

La concentration moyenne en ions sulfates ($1,27 \pm 1,21$ mg/l) enregistrée dans les eaux des puits est largement inférieure à la norme préconisée par l’OMS (250 mg/l). Les résultats montrent que le sulfate varie de 0 à 3,8 (mg /l).

La variation des concentrations des ions nitrates dans les eaux de puits varie de 38,22 à 159,07 mg/l. Les concentrations en ions nitrates mesurées (puits 2,3,5,- et 7) sont supérieures aux normes préconisées par l’OMS (50 mg/l), il en est de même pour la valeurs moyenne ($71,25 \pm 43,4$ mg/l).

Les mesures sur les concentrations en ions bicarbonates montrent des faibles valeurs de ces ions par rapport aux normes de l’OMS (200 mg/l), elles varient d’un minimum de 15,37 mg/l et d’un maximum de 79,4 mg/l, avec une moyenne de $33,28 \pm 21,43$ mg/l.

Evaluation paramètres microbiologiques.

Les résultats de l’analyse des échantillons d’eau prélevés dans les eaux des sept (07) puits sont consignés dans le Tableau 4.

Il ressort de ce tableau que les germes totaux varient de 66,8 UFC/ml (P7) à des valeurs supérieures à 100 UFC/ml (puits 1,3,4 et 5), les valeurs des germes totaux obtenus dans les eaux de tous les puits sont supérieures

30 UFC/ml, valeur préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

Le nombre de Coliformes totaux oscille entre 1,4 UFC/ml et une valeur supérieure à 100 UfC/ml pour le puits et puits 6, respectivement.

La concentration des coliformes totaux va de 0 UFC/ml (puits 2, 3, 4 et 5) à une valeur supérieure à 100 UFC/ml (Puits 6). Elle est inférieure aux normes (20 UFC/ ml), excepté le puits 6.

Analyse de la corrélation entre les paramètres physico-chimiques

L'analyse de la matrice de corrélation entre les paramètres relève la présence de fortes corrélations entre les paramètres physico-chimiques (Tableau 5) ; Il s'agit notamment de pH avec le calcium et bicarbonate, du TDS avec la conductivité électrique, le calcium avec le nitrate, la conductivité électrique avec le magnésium, le calcium avec le nitrate, la turbidité avec les matières en suspension, le magnésium avec le sulfate, les matières en suspension avec le magnésium et le sulfate, le magnésium avec le sulfate et le nitrate et le calcium avec le bicarbonate.

Tableau 2 : Paramètres physiques mesurées dans les eaux des puits.

Puits	pH	TDS (mg /l)	CE (µS/cm)	Turbidité (N.T.U)	MES (mg /l)
<i>Puits 1</i>	7,4	113,8	252,63	3,24	2,6
<i>Puits 2</i>	6,14	70,8	157,15	1,4	2
<i>Puits 3</i>	7,19	90,4	200,69	2,94	1,8
<i>Puits 4</i>	6,71	65,8	146,02	1,96	0,8
<i>Puits 5</i>	6,88	118,8	263,74	3,38	2,4
<i>Puits 6</i>	6,74	186,4	413,82	4,92	5,2
<i>Puits 7</i>	6,44	56	190,92	9,1	9,8
Moyenne	6,78 ± 0,42	100,28 ± 44,83	232,13 ± 91,42	3,85 ± 2,57	3,51 ± 2,57
Normes OMS, 2000	6,5-8,5	300 -500	≥ 1200	≤ 5	≤ 1

Tableau 3 : Paramètres chimiques mesurées dans les eaux des puits.

Puits	Mg ²⁺ (mg /l)	Ca ²⁺ (mg /l)	SO ₄ ²⁻ (mg /l)	NO ₃ ⁻ (mg /l)	HCO ₃ ⁻ (mg /l)
<i>Puits 1</i>	0,5	16,74	0	38,22	79,4
<i>Puits 2</i>	0,57	5,57	0,8	55,03	15,37
<i>Puits 3</i>	0,54	9,16	0	50,47	40,14
<i>Puits 4</i>	0,51	7,49	1,4	47	18,79
<i>Puits 5</i>	0,54	7,94	1	98,88	23,91
<i>Puits 6</i>	0,64	11,89	1,8	159,07	27,33
<i>Puits 7</i>	0,61	5,39	3,8	50,06	29,03
Moyenne	0,56 ± 0,05	9,17 ± 4,01	1,27 ± 1,21	71,25 ± 43,4	33,28 ± 21,43
Normes OMS, 2000	70	50	250	50	200

Tableau 4 : Paramètres microbiologiques des eaux des puits.

Paramètres en UFC/ml	Puits1	Puits2	Puits3	Puits4	Puits5	Puits6	Puits7	OMS, 2020
Germes totaux	>100	>86,4	>100	>100	>100	>100	>66,8	0-30
Coliformes totaux	22,2	7,6	48	47	65	>100	1,4	20
Coliformes fécaux	8,2	0	0	0	0	>100	2,8	20
Bactéries sulfito-réductrices	+	-	+	+	+	+	+	Négatif

Tableau 5 : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques dans les eaux de sept (07) puits (les chiffres colorés en rouge indiquent les paramètres fortement corrélés).

Paramètres	pH	TDS	CE	Turbidité	MES	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
pH	1									
TDS	0,3402	1								
CE	0,2721	0,9687	1							
Turbidité	-0,1404	-0,0157	0,2308	1						
MES	-0,3072	-0,0132	0,2332	0,9727	1					
Mg ²⁺	-0,5343	0,3699	0,5242	0,6072	0,7156	1				
Ca ²⁺	0,8954	0,5989	0,5375	-0,1450	-0,1983	-0,2852	1			
SO ₄ ²⁻	-0,5755	-0,1898	0,0299	0,8347	0,8614	0,6567	-5074	1		
NO ₃ ⁻	-0,0941	0,8640	0,8814	0,1408	0,1747	0,6614	0,1287	0,1715	1	
HCO ₃ ⁻	0,8016	0,1860	0,1784	0,0399	0,0324	-0,4232	0,8576	-0,4223	-0,4223	1

DISCUSSION

Le pH traduit l'acidité, alcalinité ou la neutralité d'une eau et mesure l'activité des ions hydrogènes contenus dans cette eau. Le pH a une influence majeure sur les formes physico-chimiques du métal et des composants métalliques dans l'environnement aquatique. Les eaux des puits étudiés ont une tendance acide (pH<7). L'acidité est d'autant plus importante dans les puits 1 et 3. Les eaux de ces puits sont neutres et non agressives pour l'estomac.

Le TDS présente le taux d'élément dissout dans une eau. La concentration moyenne de TDS mesurée dans les eaux des puits est de 100,28 ± 44,83 mg/l. La valeur

moyenne du TDS n'est pas conforme à la norme de l'OMS qui exige que le TDS d'eau de boisson doit être compris entre 300 et 500 mg/l. Les eaux de ces puits ne sont pas bonnes à boire, en effet, elles sont déminéralisées et manquent de minéraux.

La conductivité électrique (CE) mesure la capacité d'une solution à conduire un courant électrique. Elle s'exprime en µS/cm. Cette composante renseigne sur le taux de minéralisation des eaux (El-Haïssoufi., 2011). La faible conductivité des eaux des puits indique la faible minéralisation de ces eaux (El-haïssoufi et al., 2011). Ces eaux ont une CE non dangereuse pour la santé.

La turbidité d'une eau désigne la teneur d'un fluide en matières qui la trouble. La teneur moyenne de la turbidité mesurée dans les eaux des puits ($3,85 \pm 2,57$ N.T.U) est inférieure à la valeur seuil préconisée par l'OMS (5 N.T.U). Ces eaux occasionnent la croissance microbienne. En effet, la croissance microbienne dans l'eau est particulièrement marquée à la surface des particules et à l'intérieur des floes, naturellement présents dans les puits.

Les résultats des matières en suspension (MES) sont en accord avec ceux de la turbidité. La présence de la matière en suspension dans ces eaux pourrait être d'origine naturelle (activité biologique des milieux hydriques : décomposition des végétaux ou des microorganismes, etc...), ou peut être liée à la pollution domestique. La forte présence des matières en suspension dans ces eaux peut être un indicateur indirect du risque microbiologique et pourra poser des problèmes de prolifération bactérienne.

Le magnésium et le calcium proviennent souvent de la dissolution des formations carbonatées. Ils constituent des éléments significatifs de la dureté de l'eau, sa teneur peut dépendre du terrain traversé (Engambé, 2020). Les concentrations moyennes de magnésium et calcium mesurées dans les eaux des puits sont respectivement $0,5 \pm 0,05$ mg/l et $9,17 \pm 4,01$ mg/l. Les faibles concentrations en magnésium et en calcium dans les eaux des puits peuvent être due à un faible taux des minéraux contenant du magnésium et du calcium dans les roches constituant les formations géologiques des plateaux Batékés (Engambé, 2020).

Le sulfate est un composé chimique naturellement présent dans la quasi-totalité des eaux naturelles. Le sulfate de calcium est la forme la plus souvent retrouvée dans les ressources en eau. Le sulfate peut avoir une origine anthropique, et être présent dans l'eau via les effluents industriels et les dépôts d'origine anthropique. La concentration moyenne de sulfate obtenue dans ces eaux

($1,27 \pm 1,21$ mg/l) est largement inférieure à la norme de l'OMS (250 mg/l) et non préoccupant pour la santé.

La concentration moyenne en nitrates mesurée dans les eaux de puits ($71,25 \pm 43,4$ mg/l) est supérieure à la valeur seuil préconisée par l'OMS (50 mg/l). Dans ces eaux, les ions nitrates peuvent former de la méthémoglobine qui en quantité élevée réduit l'oxygénation des cellules, causant la coloration bleutée de la peau et des muqueuses, provoque l'asphyxie et la mort chez les nourrissons (Redouane et al., 2012). Chez l'adulte, les nitrates seraient transformés en nitrites au niveau de la cavité buccale, puis en nitrosamines et autres composés nitrosés au niveau de l'estomac. Lors de la chloration de ces eaux, les composés azotés pourraient réagir avec le chlore, pour former des composés monochloroaminés. Ils peuvent aussi être responsables de la mauvaise odeur des eaux, par la formation des aminoacides aminés (Andzi-Barhé et al., 2013 ; Öztürk et al., 2014).

La concentration moyenne de la concentration en bicarbonate dans les eaux des puits ($33,28 \pm 21,43$ mg/l) est inférieure à la valeur seuil fixée par l'OMS (200 mg/l). On peut dire que, dans ces eaux, le bicarbonate ne présente aucun danger pour la santé.

Les fèces des animaux (bœufs, moutons, chèvres et volailles) en divagation aux alentours des puits pourront être à l'origine la source des contaminations de ces eaux par des germes totaux. De même le puisoir traîné sur le sol et lors du puisage et le plus souvent introduit sans nettoyage dans les puits, peut occasionner l'introduction de nombreux micro-organismes. Des quantités importantes des débris organiques peuvent être rejetés dans les puits pendant des saisons de pluies lorsque ces puits sont ouverts (Mbawala et al., 2010).

La variation de la concentration des coliformes totaux et fécaux dans les eaux des puits serait due à la distance entre les puits et les latrines. La distance entre le puits le plus contaminé par le coliformes totaux et fécaux

(Puits) et les latrines est de moins de 15 m. La faible présence des coliformes fécaux dans les puits (Puits 2 à 6), peut s'expliquer par le fait que ces puits sont situés après les installations septiques. Les microbes, se déplaçant dans le sens de l'écoulement de l'eau, ils peuvent facilement et rapidement atteindre les eaux de puits lorsque que ces dernières sont proches des sources de pollution (Mbawala et al., 2010). Les études effectuées par d'autres auteurs (Sow et al., 2003 ; Guessoum et al., 2015 ; Fouad et al., 2017) ont montré que l'infiltration des matières fécales pourrait être à l'origine de la contamination des eaux souterraines.

Les eaux de tous les puits montrent la présence des bactéries sulfite-réducteurs. La présence de ces bactéries dans ces eaux des puits peut avoir pour origine des matières fécales, mais en petites quantités. La présence des bactéries sulfite-réducteurs dans les eaux de puits serait beaucoup plus occasionnée par l'absence des germes fécaux.

Les résultats sur l'étude de la corrélation témoignent une relation positive entre les paires de paramètres, ce qui signifie une interdépendance entre ces paires de paramètres. Ce comportement a été aussi observé par Kouamé et al., (2021), lors d'une étude effectuée sur des eaux de forages à usage domestique dans la ville de Daloa.

Conclusion

Ce présent travail avait pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologie des eaux des puits de quartier Kahounga dans la ville de Brazzaville, en République du Congo. Les résultats des analyses ont montré que ces eaux ont un caractère acide et répondent aux normes. La concentration du TDS et de la Conductivité Electrique (CE) de ces eaux témoigne une faible minéralisation des eaux puits. La concentration moyenne de la turbidité enregistrée dans les eaux de puits est supérieure à la valeur seuil fixée par l'OMS et indique que la présence de la matière en suspension dans ces eaux pourrait être d'origine naturelle

(activité biologique des milieux hydriques) ou pourra être liée à la pollution domestique. Les concentrations moyennes des paramètres chimiques (magnésium, le calcium et sulfate) enregistrées dans les eaux des puits sont inférieures aux valeurs préconisées par l'OMS. Contrairement à celle des nitrates qui présente une valeur supérieure aux normes de l'OMS. Il ressort des analyses microbiologiques que les concentrations des germes totaux obtenus dans les eaux de tous les puits sont supérieures aux normes de l'OMS. L'analyse statistique montre une forte corrélation entre plusieurs variables. En somme, les eaux des puits de quartier Kahounga ne sont pas bonnes à la consommation.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts en lien avec le présent travail.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ACK-O est l'investigateur principal de cet article et il a contribué aux prélèvements des échantillons. CBE et MLKB ont contribué aux analyses des résultats ainsi qu'à leur interprétation. PMN et JCBM ont participé à la lecture et la correction de l'article. MT a assuré la supervision générale des travaux.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en particulier tous les personnels de La Congolaise Des Eaux (LCDE) ainsi que toute personne ayant donné un soutien de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- Andzi Barhé T, Bouakab F. 2013. Caractérisation Physicochimique et Chloration des Eaux de Puits Consommées dans la Ville de Brazzaville-Congo (Physicochemical Characterization and Chlorination of Well Water Consumed in Brazzaville Congo). *J. Mater. Environ. Sci.*, **4** (5) : 605-612.

- Balloy MP, Katond JP, Hanocq P. 2019. Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). *Tropicultura*, **37**(2): 1-15, DOI: 10.25518/2295-8010.627
- Beatriz H, Rafael P, Marisol V, Enrique B, Jose MF, Luis FT. 2000. Evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (pisuerga river, spain) by principal component analysis. *Wat. Res.* (343) : 807-816.
- Chippaux JP, Houssier S, Gross P, Bouvier C, Brissaud F. 2002. Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, **95**(2) : 119-123.
- El- Haissoufi H, Berrada S, Merzouki M, Aabouch M, Bennani L, Benlemlih M, Idir M, Zanibou A, Bennis Y, El-Ouali LA. 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.*, **5**(1): 37-68.
- El- Ouali LA, F. El-Akhal, Berrada S, Bennani L, Raiss N, Maniar S. 2014. Evaluation de la qualité hygiénique des eaux de puits et de sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales. *J. Mater. Environ. Sci.*, **5** (S1) : 2333-2344.
- Engambé CB. 2020. Dynamique de l'altération chimique et de l'érosion mécanique dans le bassin versant de la rivière Djiri. Mémoire de Master, Université Marien N'gouabi, Brazzaville, p.70.
- Fouad D, Khadija H, Issam H, Abdelouahad EH, Kaouthar A. 2017. Impact Des Facteurs De Pollution Sur La Qualite Des Eaux De La Zone Aval De La Vallee De L'oued Nekor (Al-Hoceima, Maroc). *European Scientific Journal*, **13**(3) : 43-60: DOI : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p43>
- Guessoum H, Benbrahim F, Halilat MT, Laouar F, Bensalama M, Darem S. 2015. Pollution Biologique Des Eaux Phréatiques De La Région De Ghardaia (cas De Sebseb). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, **2**(2): 246-257.
- NF ISO 4833-2. 2013. Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes : Partie 1 : Comptage des colonies à 30°C par la technique de la plaque coulée
- Kouamé YF, Kedi ABB, Kouassi SS, Konan NJA, Egomli Stanislas Assohoun, Yapo OB et Gnagné T .2021. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de forages à usage domestique dans la ville de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(2) : 835-845.
- Mbawala A, Abdou, Ngassoum MB. 2010. Evaluation de la pollution physico-chimique et microbienne des eaux de puits de Dang-Ngaoundéré (Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(6): 1962-1975. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i6.64946
- Mohamed HB, Younes S, Abdelilah L, Mustapha A, Nadia A, Ouissal OZ. 2013. Évaluation de la qualité microbienne des eaux de la nappe phréatique de Martil au Maroc. *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, **26**(3): 223-233. DOI : 10.7202/1018787ar
- Nimri LF, El Nasser Z, Batchoun R. 2004. Polymicrobial infections in children with diarrhoea in a rural area of Jordan. *Immunology and Medical Microbiology*, **42**(2) : 255–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.femsim.2004.05.014>
- Nkounkou LC, Louzayadio MRF, Ayessou N, Elouma NAM, Ngakegni-Limbili AC, Mar DCG, Ouamba JM. 2017. Approvisionnement En Eau Dans La Ville De Brazzaville, Congo. *European Scientific Journal*, **13**(21) : 474-490.
- OMS. 2000. *Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson. Critères d'Hygiène et Documentation à l'Appui* (Vol. 2, 2e éd). OMS : Genève ; 1050 p.

- Öztürk N, Bektaş T. 2014. Elimination des nitrates d'une solution aqueuse par adsorption sur divers matériaux. *Journal of Hazardous Materials*, **112**(1-2): 155-162.
- Redouane A, Aouali A. 2012. Caractéristique physico-chimique des eaux superficielles de l'oued agrioun de la région de bajaia, Mémoire, Université Abderrahman Mira de Bejaia, p.88.
- Soncy K, Djeri B, Anani K, Eklou-Lawson M, Adjrah Y, Karou DS, Ameyapoh Y, et C. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v91i1.6>
- Sow S, Vlas SJ, Polman K, Gryseels B. 2003. Pratiques hygiéniques et risques de contamination des eaux de surface par des œufs de schistosomes : le cas d'un village infesté dans le nord du Sénégal. *Bull Soc Pathol Exot*, **96**(1) : 12-14.
- Yapo OB, Mambo V, Seka A, Ohou MJA, Félix Konan, Gouzile V, Tido AS, Kouamé V et Houenou P .2010. Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire) : Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(2): 289-307.
- Ye L, Lompo DJP, Sako A, Nacro HB. 2020. Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques des sols soumis à l'apport des déchets urbains solides. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(9): 3361-3371. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.31>