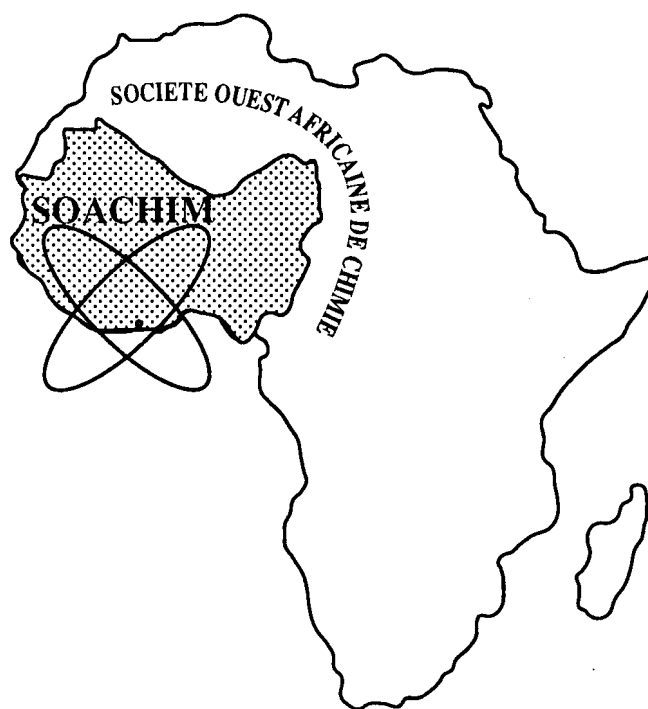


Evaluation de la qualité de l'eau de consommation des puits et forages dans la commune de Tchaoudjo 1 (Agglomération de Didaourè) dans la Région Centrale du Togo

**Nombamba Ouéda, Faouzia Ouro- Gandhi, Ibrahim Tchakala,
Moctar Limam Bawa**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie
J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2025), 054 : 35 - 46
30^{ème} Année, 2025



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

<http://www.soachim.info>

Evaluation de la qualité de l'eau de consommation des puits et forages dans la commune de Tchaoudjo 1 (Agglomération de Didaourè) dans la Région Centrale du Togo

Nombamba Oueda^{1*}, Faouzia Ouro -Gandi ², Ibrahim Tchakala²,
Moctar Limam Bawa²

¹Institut Supérieur de Développement Durable (ISDD), Université Yembila Abdoulaye TOGUYENI (UYAT), BP 54 Fada N'Gourma, Burkina Faso

²Laboratoire d'Hydrogéologie Appliquée et Environnement (LHAE), Université de Lomé (UL) BP 1515 Lomé, Togo

(Reçu le 25/06/2025– Accepté après corrections le 07/11/2025)

Résumé : L'eau est le principal constituant des êtres vivants et demeure indispensable à toute forme de vie. Ainsi, la pénurie d'eau potable représente une menace, poussant la population à avoir recours aux sources d'eau de qualité douteuse. Notre étude a pour but d'évaluer la qualité de l'eau de consommation provenant de puits et d'un forage dans la localité de Didaourè dans la Région Centrale du Togo, afin de prévenir les risques de maladies hydriques. Douze échantillons d'eau de puits, de forage et un échantillon de référence d'eau potable de la société Togolaise de l'Eau ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et microbiologiques selon les méthodes de l'Agence Française de Normalisation et les résultats sont comparés aux Normes de l'OMS. Les résultats physico-chimiques révèlent que 66,67% des échantillons dépassent les limites de concentration des nitrates fixées par l'OMS, tout comme le potassium (72,73%) et le sodium (18,18%). L'analyse microbiologique montre que 91,67% des échantillons sont non conformes aux normes pour les flores anaérobies mésophiles, les coliformes totaux et thermotolérants ; 83,33% sont contaminés par *Escherichia coli* et de streptocoques fécaux. La contamination de ces eaux est principalement attribuée à de mauvaises conditions d'hygiène et d'assainissement.

Mots clés : Eau, puits, analyses physicochimiques et microbiologiques, maladies hydriques.

Assessment of the quality of drinking water from wells and boreholes in the commune of Tchaoudjo 1 (Agglomeration of Didaourè) in the Central Region of Togo

Abstract : Water is the main constituent of living beings and remains essential to all forms of life. Thus, the shortage of drinking water represents a threat, leading the population use to the sources of questionable quality water. Our study aims to assess the quality of drinking water from wells and borehole in the locality of Didaourè in the Central Region of Togo, in order to prevent the risks of waterborne diseases. Twelve samples of well water, borehole water and sample from Togolese Water Company as reference sample were subjected to physicochemical and microbiological analyses according to the methods of the French Agency for Standardization and the results were compared to WHO standards. According to the physicochemical results, the concentration of nitrates of 66.67% of samples exceed the WHO limits, as well as potassium (72.73%) and sodium (18.18%). The microbiological analysis shows that 91.67% of the samples disrespect the standards for mesophilic anaerobic flora, total and thermotolerant coliforms; 83.33% are contaminated with *Escherichia coli* and fecal streptococci. The contamination of these waters is mainly attributed to the lacking of hygiene and sanitation conditions.

Keywords: water, wells, physicochemical and microbial analyses, waterborne diseases

* Auteur correspondant : Nombamba Ouéda, oueda.kd@gmail.com

1. Introduction

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement est un droit humain et constitue l'un des 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) déclinés l'UNICEF en septembre 2017 ^[1]. Malgré d'importants progrès enregistrés dans le secteur durant ces 15 dernières années, cet objectif est toujours hors de portée pour une bonne partie de la population mondiale. Des décisions fortes sont prises lors des assemblées des Nations Unies. Ainsi pour la mise en œuvre de la Vision africaine de l'eau pour 2025, de stratégies de suivi et d'évaluation avaient été mises en place par le Groupe Inter agence des Nations Unies sur l'eau en Afrique (UN Water-Africa) ^[1]. Selon l'OMS, 450 millions sur 1,4 milliards de personnes sans accès à une eau potable vivent en Afrique et 80% des maladies sont d'origine hydrique.

Garantir une eau potable sûre est un enjeu majeur de santé publique, car les conséquences de la consommation d'eau non potable sont catastrophiques pour la population. Selon l'OMS, la diarrhée, souvent causée par des bactéries, virus et d'autres parasites présents dans l'eau contaminée par des matières fécales, tue chaque année en Afrique et en Asie ; 1,1 million de personnes âgées de plus de cinq ans ^[2].

Différents résultats issus des études antérieures sur la qualité des eaux de puits dans quelques régions du Togo sont rapportés dans la littérature. Une étude réalisée dans deux quartiers du District de Lomé, a montré que la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits est dégradée suite au manque d'assainissement et d'hygiène ^[3]. Dans le centre du pays, des résultats issus des études ont rapporté des eaux de forages dont les caractéristiques physiques et chimiques ne sont pas conformes aux normes de l'OMS ^[4]. La dégradation des eaux du système lagunaire de Lomé est également signalée et en partie due aux activités anthropiques ^[5]. Malgré une pluviométrie favorable, variant entre 800 et 1500 mm, le pays souffre d'un déficit de mobilisation desdites ressources et peine à satisfaire les besoins essentiels des populations en matière d'approvisionnement en eau potable. Face à cette situation, le Togo, ayant souscrit aux engagements de l'Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD), s'est inscrit comme la plupart des pays en développement dans le processus de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). Dans son plan d'action national, l'évaluation des problématiques liées à l'eau et l'amélioration durable de l'accès des populations à l'eau et l'assainissement constituent des objectifs majeurs de la GIRE ^[6].

Cependant, certaines localités, comme l'agglomération de Didaourè de la commune de Tchaoudjo 1 située dans la région centrale, utilisent encore des eaux de puits et de forages dont la qualité est douteuse pour la consommation. La composition chimique et microbiologique de ces eaux issues du milieu naturel (souterraine) est très variable. Il est essentiel d'évaluer alors la qualité de l'eau et ses propriétés dynamiques afin d'éviter les conséquences néfastes sur la santé de la population de Didaourè. C'est dans cette perspective que s'inscrivent nos travaux, dont l'objectif est d'évaluer la qualité des eaux consommées par la population de Didaourè, provenant des puits et des forages, afin d'identifier les risques sanitaires potentiels auxquels elle pourrait être exposée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'agglomération de Didaourè, notre zone d'étude située dans la commune de Tchaoudjo 1 est située dans la préfecture de Tchaoudjo dans la Région Centrale du Togo (**Figure 1**). La Commune de Tchaoudjo 1 située dans la préfecture de Tchaoudjo, est limitée au Sud par le pont de Kasséna, au Nord par le village de Tchalanidè, à l'Ouest par celui de Sagbadaï, à l'Est par la rivière Na (Pont Kparatao)^[7]. La commune s'étend sur une superficie de 210 Km² avec une population estimée à 177706 habitants en 2022 ^[8]. L'Agglomération de Didaourè, située au cœur de la commune de Tchaoudjo 1, est une zone urbaine dynamique abritant une population d'environ 11730 habitants, population desservie par la polyclinique de Sokodé. Cette agglomération fait partie intégrante du canton de Komah et bénéficie d'une localisation stratégique, bordée au nord par le quartier Kossobio, au sud par le quartier de Komah, à l'est par Kouloundè, et à l'ouest par le quartier Tchawonda. Didaourè se distingue par sa diversité, composée de 15 quartiers. Ces quartiers forment un ensemble harmonieux qui contribue au dynamisme et à la richesse socioculturelle de l'agglomération.

La Commune de Tchaoudjo 1 se situe dans une vaste plaine à pentes faibles relevée parfois par quelques collines, notamment au niveau du quartier administratif et des quartiers Kpalo-Kpalo et Kpangalam. Les altitudes varient entre 300 et 400 mètres. Au niveau hydrographique, la ville de Sokodé est traversée par deux principaux cours d'eau que sont Kpandi et Kpondjo, ainsi que nombreux ruisseaux. Le régime climatique est de type tropical

contrasté (tropical sec) marqué par deux saisons : une saison sèche d'octobre à avril et une saison des pluies de Mai à Septembre. Le module pluviométrique varie entre 1200 et 1300 mm. La température moyenne atteint 28°C. Elle peut descendre à 22 et 24 °C en saisons humides. Le substratum géologique est essentiellement constitué de roches métamorphiques. Au niveau des sols, en raison de la nature de la roche-mère, du modelé et du processus pédologique. Sur le plan pédologique, trois faciès pétrographiques peuvent être distingués : des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur une profondeur variable, des sols ferralitiques, des sols hydromorphes dans les cours d'eau.

2.2. Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés dans différents quartiers de Didouaré et ont été codifiés selon les termes suivants : 11 puits numérotés par P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11 ; un forage désigné

par FOR et un échantillon de la Togolaise des Eaux nommé TdE. Le choix de ces sources a été effectué par un sondage systématique. La figure 2 indique les sites de prélèvements des eaux dans les différents quartiers.

Les échantillons d'eau sont conditionnés dans des bouteilles en polyéthylène préalablement bien nettoyées. Au niveau des puits, les mains sont désinfectées avec une solution hydroalcoolique et la puitte est rincée trois fois avec l'eau à prélever avant la mise en bouteille. Les bouteilles contenant les eaux rapidement scellées pour éviter des échanges gazeux, sont étiquetées et placées dans une glacière équipée d'accumulateurs de froid pour le transport jusqu'au laboratoire. Le prélèvement est réalisé dans un flacon stérile de 500 millilitres pour l'analyse microbiologique, et dans une bouteille de 1,5 litre après trois rinçages pour l'analyse physico-chimique. Certains paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la conductivité sont mesurés in situ à l'aide d'un appareil multimètre de type WTW Multi 3420.

Localisation géographique du site de recherche

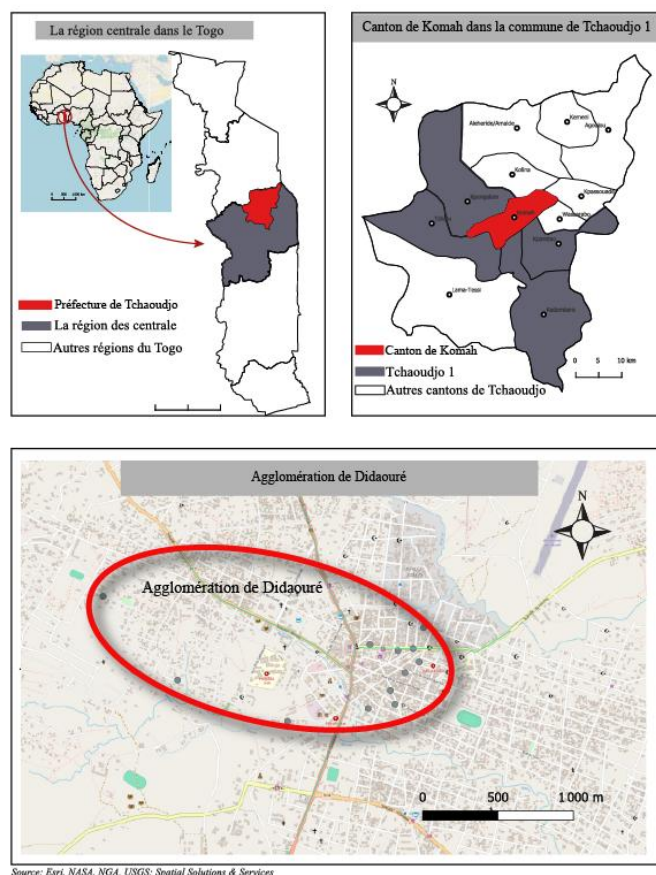


Figure 1 : Localisation géographique du site

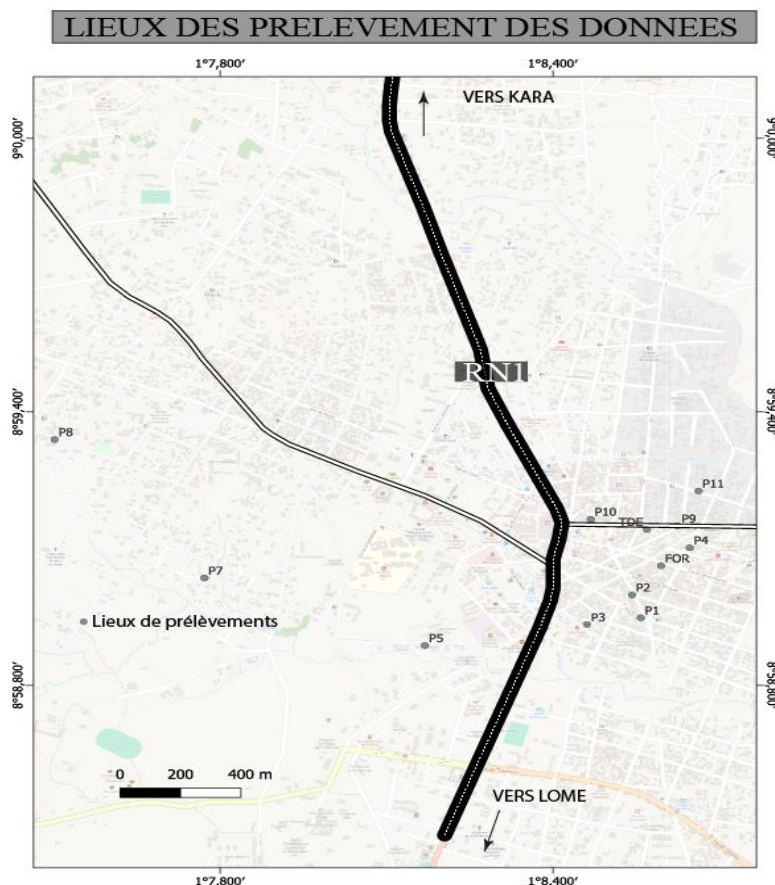


Figure 2 : Indication des points de prélèvements

2.3. Méthodes d'analyses bactériologiques et physico-chimiques

Les paramètres physiques et chimiques ont été mesurés selon les méthodes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) dont les méthodes sont résumées le tableau 1. Les éléments tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} par une méthode complexométrique, Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} par la spectrophotométrie UV-visible (photomètre du type JANWAY 6705), K^+ , Na^+ par absorption atomique (type JENWAY PFP7). Pour cette étude, la méthode d'analyse microbiologique utilisée est celle de l'incorporation en milieu de culture solide dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre, conformément à la méthode AFNOR. Les paramètres suivants ont été analysés : la flore aérobie mésophile totale (FAMT), les coliformes totaux (CT), les coliformes thermotolérants (CT), les streptocoques fécaux (SF), ainsi que les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Les germes recherchés, les milieux de culture, les températures d'incubations, les critères ainsi que les colonies caractéristiques recherchées sont consignés dans le tableau 2.

L'interprétation de nos résultats issus de l'analyse des différents paramètres est réalisée en comparant les valeurs obtenues à celles établies dans les directives de l'OMS.

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Caractéristiques des puits étudiés

Une étude préalablement réalisée à partir des constats a permis de déceler les caractéristiques de l'environnement qui règne autour des puits étudiés (Tableau 3). Ainsi, nous pouvons noter qu'ils existent des puits qui sont sans couverture (45,45%) et une bonne proportion (75%) possède des profondeurs inférieures à 10 m. Il a été relevé des puits situés à moins de 15 m des latrines et certains endroits susceptibles de pollution tels que les puisards, des dépotoirs, des cimetières, des zones d'exploitation agricole. Les situations géographiques de ces zones à forte charge polluante pourraient contribuer à la contamination des eaux des puits étudiés par des contaminants de nature différente.

Tableau 1 : Méthodes d'analyses utilisées.

Paramètres Physico-chimiques	Unités	Méthodes
Turbidité	NTU	Néphélométrie
Température	°C	Thermomètre
pH	upH	Electrométrie
Conductivité élec. 25 °C	µS/cm	Conductimétrie
Solides dissous	mg/L	Conduc/Salinomètre
Alcalinité (TA)	°f	Acidimétrie
Alcalinité complète (TAC)	°f	Acidimétrie
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	mg/L	Acidimétrie
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	mg/L	Acidimétrie
TH (Dureté totale)	°f	Complexométrie
Calcium (Ca ²⁺)	mg/L	Complexométrie
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/L	Complexométrie
Sodium (Na ⁺)	mg/L	SAA/Absorption Flamme
Potassium (K ⁺)	mg/L	SAA/Absorption Flamme
Silice (SiO ₂)	mg/L	Spectrophotométrie
Fer total (Fe ²⁺ et Fe ³⁺)	mg/L	Spectrophotométrie
Manganèse (Mn ²⁺)	mg/L	Spectrophotométrie
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	Spectrophotométrie
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/L	Spectrophotométrie
Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/L	Spectrophotométrie
Chlorure (Cl ⁻)	mg/L	Argentimétrie
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg/L	Néphélométrie
Orthophosphate (PO ₄ ³⁻)	mgP/L	Spectrophotométrie

Tableau 2 : Germes recherchés et les conditions de la culture

Germes recherchés	Milieu de culture	Temps d'incubation	Durée d'incubation	Coloration
Flore Aérobie Mésophile	PCA	30 °C	24h-72h	Toute forme
Coliformes totaux	VRBL	30 °C	24h	Rose-Rouge de Φ>0,5 mm
Coliformes thermo tolérants	VRBL	44 °C	24h	Rose-Rouge de Φ>0,5 mm
<i>Escherichia Coli</i>	Brillance E. coli	44 °C	24h	Violette
Streptocoques fécaux	Slanetz & Bartley	37 °C	24h-48h	Marron
Anaérobies sulfite -réducteurs	TSN	44 °C	24h-48h	Noire sphérique

Tableau 3 : Les résultats d'observations autour des points de prélèvements

Variable	Modalité	Effectif	Pourcentage (%)
Couverture de puits	Présence	5	45,45
	Absence	6	54,55
Profondeur de puits	< 10 m	9	75,00
	≥ 10 m	3	25,00
Profondeur forage	80 m	1	100
Ouvrage	Oui	9	75,00
(WC, puisard)	Non	3	25,00
Distance d'ouvrage au point d'eau	< 15 m	9	75,00
	≥ 15 m	0	0,00
Dépotoir	Oui	2	16,67
	Non	10	83,33
Distance	< 30 m	2	16,67
	≥ 30 m	0	0,00
Agriculture	Oui	3	25,00
	Non	9	75,00
Distance	< 30 m	3	25,00
	≥ 30 m	0	0,00
Historique du milieu (ancien dépotoir, ancien cimetière)	Oui	6	50,00
	Non	6	50,00

3.1.2. Caractérisation physico-chimique des eaux

Les paramètres physico-chimiques des eaux étudiés sont entre autres la température, la turbidité, le pH, la conductivité et les solides totaux dissous, les nitrates, le calcium, le magnésium, l'ammonium, les sulfates, les carbonates, les ions chlorures et fluorures, le fer et le sodium.

- Les résultats concernant les analyses sur les paramètres suivants : température, turbidité, pH, conductivité et solides totaux dissous sont consignés dans le tableau 4.

Les températures observées dans les différents échantillons varient entre 26,6 °C (minimale) et 27,6 °C (maximale) avec une température moyenne de 26,17 °C relativement proche de celle de la zone d'étude (28 °C).

La turbidité des eaux étudiées varie entre 0,04 et 1,06 NTU et ces valeurs extrêmes ont été enregistrées dans le puits 11 (P11) et le forage (FOR) respectivement. La teneur moyenne oscille autour de 0,42 NTU et tous les échantillons analysés présentent des valeurs conformes aux normes de l'OMS (< 5 NTU).

Les eaux issues de tous les sites prélevés montrent des pH neutres avec une valeur moyenne de 6,72. Le pH le plus faible est noté au niveau du puits 8 (P8) avec une valeur de 6,37 alors que la forte valeur qui est de 7,01 est enregistrée au puits 10 (P10).

Quant aux solides totaux dissous, la valeur la plus élevée est enregistrée au puit 10 (P10) avec une teneur de 1735,82 mg/L contre la plus faible valeur à 289,14 mg/L observée dans le puits 5 (P5). D'une manière générale, la variation de la turbidité est significative d'un puits à un autre avec une moyenne de 879,47 mg/L.

Tout comme la turbidité, nous remarquons une disparité totale de la conductivité dans les eaux des puits échantillonnés. La conductivité moyenne est de 1169 µS/cm et les valeurs minimale et maximales sont de 247 et 2290 µS/cm dans les puits 8 et 10 (P8 et P10) respectivement.

- Composés azotés et phosphorés

De l'analyse du tableau 5, il ressort que parmi les composés azotés, plus de 72% des points d'eaux analysés ont des concentrations en ions nitrates (NO_3^-) supérieures à la norme recommandée par l'OMS. Les valeurs critiques sont notées dans les puits P1, P2, P3 et P4 avec concentrations de 178,8 ;

206,4 ; 200,3 et 227,7 mg/L respectivement. Quant aux autres composés azotés, seul le puits P1 a enregistré une teneur en ions ammoniums (NH_4^+) supérieure au seuil de l'OMS et les concentrations des ions nitrites sont inférieures à la norme OMS dans tous les échantillons analysés. Les teneurs en ions phosphates restent inférieures à 0,2 mg/L dans les puits étudiés et sont donc non significatifs.

- Quelques ions majeurs et des éléments traces métalliques (ETM)

De l'analyse du tableau 6, il en ressort que les teneurs des ions fluorures, du fer et du manganèse ne dépassent pas les valeurs limites établies par l'OMS. Il en est de même pour les ions sulfates dans toutes les eaux analysées. Le puits P10 laisse observer une concentration de 380,4 mg/L nettement supérieure à celle établie par l'OMS, de même que la concentration de potassium et de sodium. Par exemple, la teneur en ion potassium dépasse la norme OMS dans la majorité des puits étudiés avec des fortes concentrations 93, 91 et 87 mg/L observées dans les échantillons P1, P2 et P3 respectivement.

- Les titres hydrotimétriques et alcalimétriques

Les titres hydrotimétriques (TH) mesurés (tableau 7) de toutes les eaux sont conformes à celle recommandée par l'OMS mais les valeurs obtenues dans les puits P3 (45 °F) et P4 (36 °F) nécessitent un contrôle régulier. Les teneurs en calcium sont également inférieures à la limite des normes internationales. Cette tendance n'est pas observée dans le cas du magnésium car les puits P3 (72,96 mg/L) et P4 (73,6 mg/L) ont montré des concentrations plus fortes que les normes recommandées. Concernant les ions hydrogénocarbonates, seule l'échantillon issu de la société nationale de distribution d'eau potable présente une valeur inférieure à 30 mg/L. Les concentrations les plus élevées ont été obtenues dans les puits P1, P2, P3 et P10 avec 323,3 ; 250,1 ; 311,1 et 475,8 mg/L respectivement.

3.1.3. Caractérisation microbiologique des eaux

L'analyse microbiologique a concerné les bactéries suivantes : les coliformes totaux et thermotolérants, les streptocoques fécaux, la flore aérobie mésophile, *Escherichia Coli* et les anaérobies sulfite réducteurs. Les résultats sont consignés dans le tableau 8 et la figure 3 montre que le taux de non-conformité des différents germes recherchés. En effet, nous

remarquons qu'en dehors des anaérobies sulfite réducteurs, tous les autres germes se retrouvent dans les eaux étudiées avec des proportions très significatives. A titre d'exemple, le P11 enregistre jusqu'à $3,9.10^5$ UFC/mL pour la flore aérobie mésophile. Selon les normes de l'OMS, aucun germe ne doit être détecté dans une eau de boisson (0/100

mL). De la figure 3, il ressort que le pourcentage de non-conformité est supérieur à 80% dans toutes les formes bactériennes identifiées dans les échantillons. Des cas exempts ont été décelés, notamment dans le puits P5 et l'échantillon de la société Togolaise des Eaux où les valeurs sont conformes aux normes européennes.

Tableau 4 : Résultats de la Température, turbidité, pH, conductivité et TDS

Paramètres	Échantillons													
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TDE	FOR	OMS
Température (°C)	26,6	27,4	26,8	27,5	27,1	27,5	27,4	26,9	26,9	27	27,1	27,4	27,6	25
Turbidité (NTU)	0,09	0,17	0,33	0,49	0,95	0,37	1,02	0,12	0,44	0,19	1,06	0,15	0,04	<5
pH	6,97	6,77	6,83	6,88	6,46	6,6	6,41	6,37	6,62	7,03	6,98	6,87	6,59	6,5-8,5
Conductivité (µS/cm)	1605	1470	1793	1726	376	756	1011	247	712	2290	1259	1257	695	1200
TDS (mg/L)	1216,59	1114,26	1359,09	1308,31	289,144	540,54	766,34	189,94	509,08	1735,82	954,322	952,806	496,92	1500

Tableau 5 : Résultats des Composés azotés et phosphorés

Paramètre	Echantillons													
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TDE	FOR	OMS
Nitrites (mg/L)	0,15	0	0,06	0,21	0	0,006	0	0	0,18	0	0,25	0	0	3
Nitrates (mg/L)	178,8	206,4	200,3	227,7	20,85	123,6	1,13	4,77	71,9	71,1	121,85	0,89	39,11	50
Ammoniums (mg/L)	0	1,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
Phosphates (mgP/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-

Tableau 6 : teneurs de quelques ions et des ETM

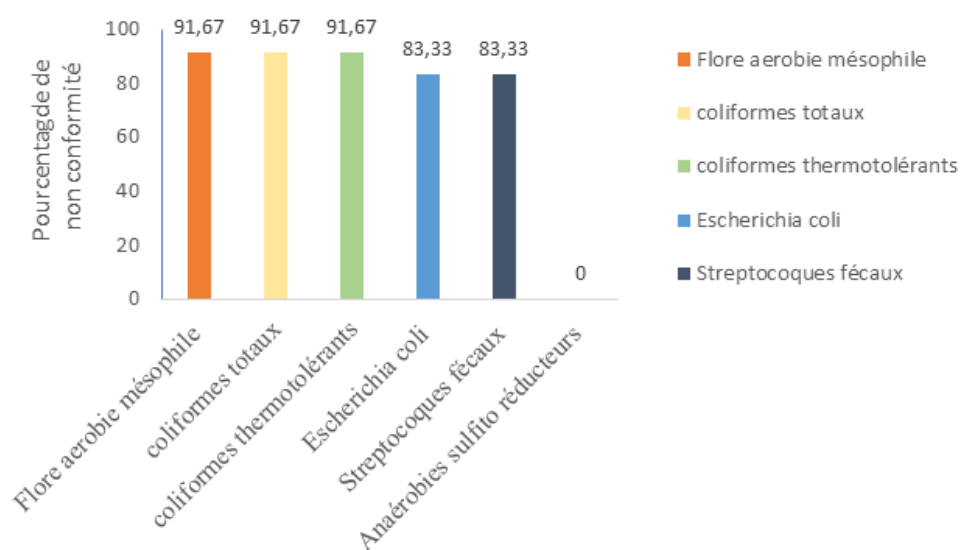
Paramètre	Echantillons													
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TDE	FOR	OMS
Sodium Na ⁺ (mg/L)	115	120	117	160	19,2	52	6,7	12,6	50	308	132	3,4	43,5	150
Potassium K ⁺ (mg/L)	93	91	87	72	1,8	28	1,7	2,2	13,7	48,2	31	1,6	9	12
Chlorures Cl ⁻ (mg/L)	140,2	130,1	210,2	220,2	34	66,1	2	4	60	380,4	160,2	6	82,1	250
Sulfates SO ₄ ²⁻ (mg/L)	96,07	78,03	77,2	81,3	12,8	29,5	0,69	0	27,6	89,5	68,19	11,7	39,5	400
Fluorures F ⁻ (mg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,5
Fer (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0	0,3
Manganèse (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5

Tableau 7 : Résultats des titres hydrotimétriques et alcalimétriques

Paramètre	Echantillons													Critères OMS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TDE	FOR	
TH (°F)	35,4	29,4	45	36	14,8	21,6	4,2	11,4	24,2	38	23,8	3,6	25,4	50
Ca (mg/L)	79,2	73,6	58,4	73,6	43,2	41,6	11,2	32,8	55,2	76	33,6	7,2	63,2	100
Mg (mg/L)	37,44	26,4	72,96	73,6	43,2	26,88	3,36	7,68	24,96	45,6	36,96	4,32	23,04	50
TA (°F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
TAC (°F)	26,5	20,5	25,5	20	10,5	12	5,5	11,5	16	39	15	1,5	15	-
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	323, 3	250,1	311,1	244	128,1	146,4	67,1	140,3	195,2	475,8	183	18,3	183	> 30

Tableau 8 : résultats des analyses microbiologiques

Paramètre	Echantillons													Critères UE 2007
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TDE	FOR	
Flore aérobie mésophile 30 °C	1400	21000	1300	16000	<1	9800	11000	27000	8000	7900	390000	99	570	100/ml
Coliformes totaux 30 °C	82	330	53	150	<1	120	1100	110	110	130	1200	<1	31	<1/250ml
Coliformes thermotolérants 44 °C	27	23	5	53	<1	80	200	80	66	58	1000	<1	8	<1/250ml
Escherichia coli 44 °C	10	3	2	4	<1	15	4	9	10	9	3	<1	<1	<1/250ml
Streptocoques fécaux 37 °C	29	16	39	37	<1	10	78	87	17	30	500	<1	<1	<1/250ml
Anaérobies sulfito réducteurs	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1/50ml

**Figure 3** : Diagramme de non-conformité des paramètres microbiologiques

3.2. Discussion

3.2.1. Analyses physico-chimiques des eaux usées

La température est un paramètre qui joue un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre de l'eau. En effet sa variation entraîne donc une modification de ses propriétés physico-chimiques et microbiologiques. Dans notre étude, la température moyenne est de 26,17 °C, donc légèrement supérieure à la température recommandée par l'OMS 25 °C. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par ^[9] qui avaient trouvé 27,76 aux environs de la ville de Lomé et 28,10 °C également celle de ^[10] dans la ville d'Aného au Togo.

Les résultats montrent que la majorité des eaux analysées ont un pH qui se situe dans les limites recommandées par l'OMS. Cependant, 27,27% des échantillons présentent un pH inférieur au seuil minimum recommandé par l'OMS, indiquant que ces eaux sont légèrement acides. Une étude rapportée dans la littérature a montré un taux de 23,07% de puits acides ^[11]. La consommation d'une eau légèrement acide peut entraîner des problèmes de santé tels que des troubles intestinaux ou stomacaux. Nos résultats sont similaires à ceux de ^[12], qui a constaté que la majorité des valeurs de pH se situent dans les limites recommandées par l'OMS.

Une analyse statistique montre qu'environ 55% des puits échantillonnés présentent des conductivités supérieures à celle des normes internationales (1200 µS/cm) avec un pic enregistré au puits P10 de 2290 µS/cm. La moyenne observée est proche de celle de certains travaux rapportés dans le district de Lomé ^[13] et différente de celle de certains auteurs dans le district de Korhogo en Côte d'Ivoire^[14]. Cette teneur élevée indique une forte concentration de sels dissous dans ces eaux. Cette situation peut s'expliquer par l'interaction de l'eau avec les roches environnantes et les conditions climatiques. Selon des travaux rapportés dans la littérature, ces taux élevés de la conductivité peuvent être due aux rejets des eaux résiduelles des unités industrielles ^[15]. A travers la carte indiquant les lieux de prélèvement, il apparaît clairement le puits P10 est proche de la route nationale N°1, indiquant que la forte valeur de conductivité de l'eau peut être d'origine anthropique. Selon une étude sur les eaux de puits, la conductivité élevée des eaux peut être due à la pollution de la nappe suite à l'infiltration des eaux de surfaces ^[16].

Toutes les eaux de l'agglomération de Didaouré présentent une turbidité acceptable respectant la valeur seuil de l'OMS (< 5 NTU). Cette situation

peut s'expliquer par le fait que les prélèvements ont été réalisés pendant la saison sèche, période durant laquelle la turbidité est généralement plus faible. Ce constat est différent des études réalisées par certains auteurs qui ont trouvé une valeur maximale de 13,7 NTU dans des quartiers du district de Lomé ^[3].

Les résultats montrent que les concentrations de nitrites et d'ammonium sont conformes aux critères de l'OMS, à l'exception du puits P2, qui affiche une valeur d'ammonium de 1,73 mg/L dont la contamination peut provenir d'une activité anthropique. Elle peut être due à la dégradation de matières organiques comme l'ont rapporté certains auteurs ^[17]. En revanche, 72,73% des échantillons de puits présentent des concentrations de nitrates supérieures aux limites recommandées par l'OMS. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les sites des puits étaient autrefois des décharges ou des cimetières et que certains se trouvent également à proximité de zones agricoles. Selon ^[18], la forte teneur de nitrates peut être due au lessivage des sols accompagné de la formation de NH_4^+ des feldspaths et une partie liée aux activités anthropiques. Une étude réalisée sur plusieurs sites a révélé que les valeurs plus élevées en ions azotés sont les puits situés en ville ^[19]. Quant au phosphore, tous les échantillons ont présenté des teneurs inférieures à la valeur limite détectable (2 mg/L). Ces eaux ne sont donc pas recommandées pour la consommation humaine, en particulier chez les enfants et les femmes enceintes.

Dans notre étude, l'alcalinité des échantillons est mesurée exclusivement par les teneurs en bicarbonates (HCO_3^-), car les valeurs de pH sont inférieures à 8,3. Toutes les valeurs de HCO_3^- sont conformes aux critères de l'OMS, étant supérieures à 30 mg/L. La dureté totale de l'eau est déterminée par la concentration des sels dissous, notamment le calcium et le magnésium. C'est l'un des paramètres qui teste la capacité d'une eau à réagir avec le savon et une eau dure consomme plus de savon pour produire de mousses ^[20]. Pour cette étude, les concentrations de calcium sont conformes aux critères de l'OMS, tandis que 18,18% des échantillons analysés ont présenté des valeurs de magnésium dépassant 50 mg/L, la limite recommandée par l'OMS. Des résultats similaires concernant le calcium et le magnésium sont déjà rapportées par Ahoudi et al. ^[16], lors de leur étude sur les eaux du district de Lomé au quartier Agoe-Zongo. Ils concluent sur ces teneurs disproportionnées de Ca et de Mg, que la contamination n'est donc pas liée à la nature de la roche.

Le fer et le manganèse contribuent à un changement de la qualité des eaux. Ce sont des éléments indésirables. Leur présence dans l'eau donne un goût métallique à l'eau avec une couleur « rouge » pour le fer et « noire » pour le manganèse. Nos résultats montrent des concentrations en fer et en manganèse conformes à 100% aux valeurs des directives OMS (fer : 0,3 mg/L et manganèse : 0,5 mg/L).

Les fluorures ont un effet bénéfique sur la santé dentaire en protégeant contre les caries. Cependant, des concentrations élevées de fluorures, supérieures à 1,5 mg/L, peuvent entraîner des complications telles que la fluorose dentaire. Les eaux de notre zone d'étude respectent les exigences de l'OMS en matière de concentration de fluorures, indiquant qu'elles sont conformes aux normes de sécurité. Quant aux chlorures, l'eau de puits P10 contient une teneur élevée (380,4 mg/L) largement supérieure à la norme OMS. Il s'agit d'une eau qui doit être déconseillée pour la consommation humaine. Au regard de la position géographique du puits, très proche de la route nationale N°1, sa contamination peut provenir des activités domestiques qui polluent la nappe superficielle. Une forte teneur de chlorures dans une eau de puits serait due à une évaporation très intense suite aux rayonnements solaires lorsque le diamètre est trop large et une eau renfermant une forte teneur de Cl⁻ peut causer une hypertension ^[21].

Concernant les ions, les résultats montrent des pourcentages de non-conformité pour les ions suivants : 18,18 % pour le sodium, 72,73% pour le potassium. En revanche, les concentrations d'ions sulfates sont conformes aux valeurs recommandées par l'OMS. Ces non-conformités peuvent être attribuées soit à des sources naturelles, soit à l'utilisation d'engrais chimiques ^[22].

3.2.2. Analyses microbiologiques

Les résultats montrent que 90,91% des échantillons d'eau de puits ne respectent pas les normes pour les flores aérobies mésophiles, les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, *Escherichia coli*, et les streptocoques fécaux. Cette non-conformité indique une contamination fécale significative des puits, représentant un risque sérieux pour la santé publique. Ces résultats s'expliquent par le fait que les eaux des puits sont captées dans des nappes superficielles susceptibles à la contamination mais aussi par le manque d'hygiène au sein des ménages qui aggrave la situation. Nos études préliminaires ont montré que

la majorité des puits ne sont pas couverts, les profondeurs sont inférieures à 10 m, sont proches des latrines et la pratique d'élevage s'y développe. Tous ces facteurs constituent une vulnérabilité pour une pollution bactériologique des puits. De façon générale, les rapports de coliformes fécaux ou thermotolérants sur les streptocoques sont inférieurs à 4, ce qui prouve selon les résultats de Gnazou et al. ^[21], que la pollution est d'origine animale. Ces eaux de puits sont alors non satisfaisantes pour la consommation humaine. L'échantillon P5 constitue une exception, étant conforme à toutes les normes. Il est exempt de tous les germes recherchés, grâce aux conditions d'hygiène adoptées par le propriétaire, qui avait désinfecté l'eau avec du chlore la veille du prélèvement. Des résultats issus des études dans les différents pays de la sous-région peuvent servir de comparaison. Dans le district de Korhogo en Côte d'Ivoire, Yapo et al., ont trouvé une valeur 1360 UFC/mL pour les coliformes totaux. D'autres auteurs de la Côte d'Ivoire ont trouvé dans le District d'Abidjan, des teneurs en coliformes par UFC/100 mL de 2000, 1770 et 8167 respectivement dans les localités de Marcory, Port-Bouet et Treichville ^[23]. Dans la sous-préfecture de Bingerville, précisément dans la localité de Koffikro, ^[24] ont rapporté des teneurs respectives 11600, 3311 et 2113 UFC/100 mL pour les coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques. Au Burkina Faso, Sawadogo et al. (2023) ont trouvé les valeurs les plus élevées de 351 UFC/mL et 601 UFC/mL pour les coliformes totaux et les streptocoques respectivement. Au Bénin, une étude sur les eaux souterraines dans une zone de production cotonnière a révélé la présence d'une contamination bactérienne (coliformes totaux, *E. coli*, ...) ^[25]. Au Togo, une étude a souligné des contaminations fécales dans les quartiers de Lomé (Démakpoé et d'Agbalépédoga) ^[3].

L'échantillon d'eau de forage présente des non-conformités aux Flores Aérobies Mésophiles, aux coliformes totaux, et aux coliformes thermotolérants, mais il est conforme pour *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux. Bien que certains paramètres montrent une contamination, l'absence de contamination par *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux suggère que la contamination pourrait être d'origine non fécale. Il est recommandé de mener des investigations supplémentaires pour identifier les sources possibles de cette contamination et mettre en place des mesures correctives appropriées.

Tous les échantillons d'eau de forage et de puits sont conformes aux normes concernant les germes anaérobies sulfito-réducteurs. Ce résultat est encourageant, car il indique que ces bactéries,

souvent associées à la contamination par les eaux usées, ne posent pas de problème dans les échantillons analysés. Cependant, cette conformité ne compense pas les autres formes de contamination identifiées et ne doit pas détourner l'attention des problèmes plus graves observés. L'échantillon témoin de TdE est entièrement conforme à tous les germes recherchés. Ce résultat confirme que les méthodes d'analyse utilisées sont fiables et que les eaux de la TdE sont satisfaisantes pour la consommation humaine.

4. Conclusion

La quasi-totalité des eaux de puits analysées sont menacées par une contamination d'origine fécale et une non-conformité des paramètres chimiques, susceptibles de poser un risque important pour la santé des utilisateurs. Les analyses microbiologiques révèlent que la majorité des échantillons (91,67%) sont contaminés par tous les germes recherchés, à l'exception des anaérobies sulfite-réducteurs, rendant ainsi ces eaux impropres à la consommation humaine. Les analyses physico-chimiques ont montré que des taux élevés de nitrates rendant ces eaux inappropriées pour la boisson, en particulier pour les enfants (qui représentent 13,79% de la population étudiée) et les personnes vulnérables comme les femmes enceintes. Les facteurs influençant cette situation incluent un système d'assainissement inadéquat, l'historique des sites des puits et une mauvaise gestion de l'assainissement au sein des ménages. Il est donc crucial, voire urgent, de mettre en place des systèmes de traitement de l'eau adaptés ou de fournir un accès à un réseau d'eau potable sécurisé, tel que celui proposé par la TdE, afin de garantir une meilleure santé pour la population de Didaourè. L'eau étant essentielle à la vie, assurer sa qualité est une priorité absolue.

5. Références bibliographiques

- [1] Bzioui M. Rapport National 2004 Sur Les Ressources En Eau Au Maroc. 2004. UN WATER-AFRICA.
- [2] Sawadogo A, Sanou Y, Paré S. Evaluation de la qualité des eaux de forage de la commune de Ouagadougou, Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci* (2023), 17 (6), 2550–2563.
- [3] Tampo L, Ayah M, Kodom T, Tchakala I, Boguido P, Bawa LM, Djaneye B. 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* (2014), 75, 6272–6281.
- [4] Dougna AA, Gnazou MDT, Kodom T, Djaneye-Boundjou G, Bawa ML. Physico-chimie et qualité des eaux des forages d'hydraulique villageoise dans la région centrale au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2015), 9(4), 2249–2262.
- [5] Ayah M, Grybos M, Tampo L, Bawa LM, Bril H, Djaneye-Boundjou G. Qualité et pollution des eaux d'un hydrosystème littoral tropical : cas du système lagunaire de Lomé, Togo. *European Scientific Journal* (2015), 11 (15), 95-119.
- [6] Rapport De Synthèse : Gestion Intégrée Des Ressources En Eau (Gire) Et Objectif Du Millénaire Pour Le Développement (OMD) TOGO. PDAEPGL, 2022.
- [7] Présentation de la ville de Sokodé. https://www.uct-togo.net/index.php?option=com_content&view=article&id=189&Itemid=196
- [8] RGPH-5 : Les résultats globaux définitifs désormais disponibles,” Ministère de la Planification du Développement et de la Coopération. 2023. <https://planification.gouv.tg/rgph-5-les-resultats-globaux-definitifs-desormais-disponibles/>
- [9] Fambi K, Massabalo A, Boguido G, Tchakala I, Kodom T, Bawa LM. Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la nappe du continental terminal et des retenues d'eaux pluviales du Sud-Ouest du Plateau d'Agoé à Lomé, Togo. *Afrique SCIENCE* (2022), 21(2), 49–64.
- [10] Poromna H, Lare F, Sossou SK, Kangni-Dossou M, Gnandi K, Ameyapoh Y. Quantification et caractérisation des boues de vidange dans la ville d'Aného au Togo pour le choix d'un traitement approprié. 2020. *International Journal of Innovation and Scientific Research* (2020), 49(2), 288-300.
- [11] Ahoudi H, Gnandi K, Tanouayi G, Ouro-Sama K. Caractérisation Physico-Chimique et Etat de pollution par les éléments traces métalliques des eaux souterraines de Lomé (Sud Togo) : Cas du quartier Agoe Zongo. *LARHYSS Journal* (2015), 24, 41–56.
- [12] Yawovi JI. Problématique d'approvisionnement en eau dans les localités non couvertes par les structures de distribution d'eau potable au TOGO : Cas de la préfecture de l'Avé.
- [13] Yapou RI, Mambo V, Alder AC, Ohou-Yao MJ, Ligban R, Dao D, Stamm C, Bonfoh B. Caractérisation saisonnière des eaux de puits à usage maraîchère et domestique de Korhogo (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2016), 10(3) 1433–1449.
- [14] Idrissi YA, Alemad A, Aboubaker S, Daifi H, Elkharrim K, Belghyti D. Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Azilal-Maroc. *International Journal of Innovation and Applied Studies* (2015), 11(3), 556-566.

- [15] Abouelouafa M, El-Halouani H, Kharboua M, Berrichi A. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : canal principal et Oued Bounaïm. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* (2002), 22(3), 143–150.
- [16] Adjiri OA., Koné B, Aka N, Djabakaté I, Dibi B. Caractérisation physico-chimique et source de la minéralisation des eaux souterraines des départements de Daloa et Zoukougbeu, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2019), 13(4) 2388–2401.
- [17] Ohou-Yao MJ, Séka AM, Mambo V, Yapo OB, Konan KF, Houénou PV. Contamination des eaux de puits traditionnels par les nitrates sur le bassin versant de la Lobo (Buyo, sudouest de la Cote d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* (2014), 78, 6654–6665.
- [18] Yapo OB, Mambo V, Seka A, Ohou MJA, Konan F, Gouzile V, Sanogo-Tidou A, Kouamé KV, Houenou. 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," *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2010), 4(2), 289-307.
- [19] Gnazou MDT, Assogba K, Sabi BE, Bawa LM. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées dans les écoles de la préfecture de Zio (Togo). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2015), 9 (1), 504–516.
- [20] Kanohin F, Otchoumou E, Yapo OB, Dibi B, Bonny AC. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville. *Int. J. Bio. Chem. Sci* (2018), 11(5), 2495-2509. doi: 10.4314/ijbcs.v11i5.43.
- [21] Sawadogo N, Sanou Y, Pare S. Etude de l'impact des déchets solides du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets sur la qualité de l'eau des forages situés sur le site de Polesgo au Burkina Faso. *Int. J. Bio. Chem.* (2023), 17(5), 2102–2114. doi: 10.4314/ijbcs.v17i5.27.
- [22] Mehounou JP, Josse RG, Dossou-Yovo P, Senou SF, Toklo RM. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué. *Journal of Applied Biosciences* (2016), 103, 9841–9853.
- [23] Yapo OB, Mambo V, Séka A, Ohou MJA, Konan F, Gouzile V, Tidou AS, Kouamé KV, Houenou P. 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. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (2010), 4(2), 289-307. <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/58111>
- [24] Kanohin/Otchoumou F, Yapo O.B, Dibi B, Bonny AC. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville. *International Journal of Biological and Chemical Sciences.* (2017), 11(5), 2495-2509. doi: 10.4314/ijbcs.v11i5.43.
- [25] Mehounou JP, Josse RG, Dossou-Yovo P, Senou S.F, Toklo RM. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué. *Journal of Applied Biosciences.* (2016),103, 9841–9853. <https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/142460>