

Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux des postes d'eau autonomes (PEA) dans la commune d'Adjarra : cas de l'arrondissement de Malanhoui, Sud-Bénin

Waris Kéwouyèmi CHOUTI^{1,2*}, Paulin AMLAN² et Nelly KELOME³

¹*Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin*

²*Laboratoire de Chimie Inorganique et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin*

³*Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, Faculté des Sciences and Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Benin*

* Correspondance, courriel : warischouti@yahoo.com

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation du niveau d'altération de la qualité des eaux consommées dans l'arrondissement de Malanhoui, au niveau des sources (Postes d'Eau Autonomes (PEA)) et des ménages. La démarche méthodologique a consisté en un premier temps à faire une enquête afin d'identifier les PEA et d'évaluer le niveau d'hygiène de la population ainsi que les risques encourus. Dans un second temps, des prélèvements d'eau ont été effectués pour l'évaluation de la qualité physico-chimique, chimique et bactériologique. Les données recueillies ont fait l'objet d'une étude statistique en vue d'interprétation. Ces approches stratégiques adoptées ont permis de mettre en lumière la qualité des PEA à Malanhoui. On retrouve une eau globalement de bonne qualité du point de vue physico-chimique et chimique car respectant les normes béninoises. Du point de vue bactériologique, ces eaux présentent globalement des valeurs pour la plupart largement au-delà de la norme. Vu l'exposition de la population aux maladies hydriques, il est opportun de développer en urgence des politiques et stratégies propices afin de remettre à niveau la charge des germes bactériologiques dans les eaux destinées à la boisson à Malanhoui.

Mots-clés : *germes, hygiène, PEA, paramètres physicochimiques et microbiologiques.*

Abstract

Physicochemical and microbiological characterization of autonomous water stations (AWS) in the municipality of Adjarra : case of the district of Malanhoui, South Benin

The present study concerns the assessment of the level of deterioration of the quality of the water consumed in Malanhoui's district, at the different sources (Autonomous Water Stations (AWS)) and households. The methodological approach was initially to make a survey to identify the AWS and assess the level of hygiene of the population and the risks involved. In a second step, water samples were taken for the evaluation of physicochemical, chemical and bacteriological quality. The data collected were the subject of a statistical study for interpretation. These strategic approaches adopted have highlighted the quality of the AWS in Malanhoui.

From a physicochemical and chemical point of view, the waters subjected have a good quality and respect the Beninese standards. Concerning the bacteriological results, these waters generally have values that are for the most part well above the norm. Given the exposure of the population to waterborne diseases, it is appropriate to urgently develop appropriate policies and strategies to upgrade the burden of bacteriological germs in drinking water in Malanhoui.

Keywords : *germs, hygiene, AWS, physicochemical and microbiological parameters.*

1. Introduction

L'importance de l'eau pour la vie humaine n'est plus à démontrer, néanmoins, elle est inégalement répartie à la surface du globe et parfois non adaptée comme eau de boisson. La santé humaine dépend de sa disponibilité en qualité et en quantité. 36000 personnes meurent quotidiennement de par le monde par manque d'eau potable et/ou par défaut d'assainissement [1] et des millions de décès, notamment de décès des enfants dus à la diarrhée, peuvent être attribués au manque d'eau et aux mauvaises conditions sanitaires [2 - 5]. Au Bénin, plusieurs localités sont confrontées aux problèmes de quantité et surtout de qualité de l'eau de boisson. Autrefois, les problèmes de qualité de l'eau étaient contournés en se rabattant sur les eaux souterraines mieux protégées. Aujourd'hui, les ressources en eaux souterraines sont également exposées aux effets des polluants. Du point de vue chimique, l'utilisation intensive des insecticides et pesticides, l'enfouissement non adapté des déchets et l'accroissement des activités humaines engendrent de graves problèmes sur la qualité des eaux souterraines [6 - 9]. Sous l'aspect bactériologique, ces eaux sont naturellement protégées, cependant les germes éventuellement enregistrés proviendront essentiellement des pratiques anthropiques (puits de déchets, latrine non étanche, etc.). Les germes de contamination fécale sont la principale menace sur la santé publique souvent enregistrée suite à ces mauvaises pratiques est [10 - 12]. Dans la commune d'Adjara, l'augmentation de la population et l'urbanisation ne sont pas accompagnées d'un plan qui tient compte de l'alimentation en eau des populations qui s'installent. Le non approvisionnement en eau potable par le réseau de distribution nationale ou le coût élevé d'abonnement a conduit les populations à recourir aux eaux souterraines issues des nappes captives et superficielles. Le pompage ou l'utilisation des eaux souterraines à des fins de consommation se fait à l'aide des puits ou forages. C'est ainsi qu'une partie de la population de l'arrondissement de Malanhoui a choisi de s'alimenter en eau de boisson à partir des forages dont la qualité n'est pas contrôlée. Très variable, la composition chimique d'une eau issue du milieu naturel dépend non seulement des substances réactives qu'elle aurait pu rencontrer lors de l'écoulement mais aussi de la nature géologique du sol d'où elle provient. Ainsi la composition quantitative et qualitative de l'eau souterraine en matières en suspension et dissoutes, de nature minérale ou organique, détermine sa qualité. Cependant, cette qualité peut être altérée lorsque des substances extérieures entrent en contact avec la nappe aquifère. Tel pourrait être le cas de la qualité des eaux souterraines recueillies par forage dans l'arrondissement de Malanhoui, dans la Commune d'Adjara au Sud-Bénin. Cette présente étude vise donc à étudier les qualités physico-chimique et microbiologique de ces eaux en prenant en compte les conditions de collecte, de transport, de stockage dans les ménages afin d'évaluer le niveau d'altération desdites eaux.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du milieu d'étude

L'arrondissement de Malanhoui situé dans la commune d'Adjara (zone de transit entre la République Fédérale du Nigeria et la ville de Porto-Novo) au Sud-Bénin est compris entre les longitudes 2°38' et 2°40' Est et les

latitudes 6°29' et 6°30' Nord. Il est limité au Nord par l'arrondissement d'Adjarra II, au Sud par l'arrondissement d'Aglobè, à l'Est par l'arrondissement de Mèdédjonou, au Nord-Ouest par l'arrondissement de Honvié et au Sud-ouest par la commune de Porto-Novo. Il s'étend sur 18 Km² et est composé de neuf (9) villages à savoir : Agahougbéta, Agata, Anagbo, Hêvié-kpota, Houèkè, Malanhoui-centre, Kpodo, Tanmè et Yèvié (**Figure 1**).

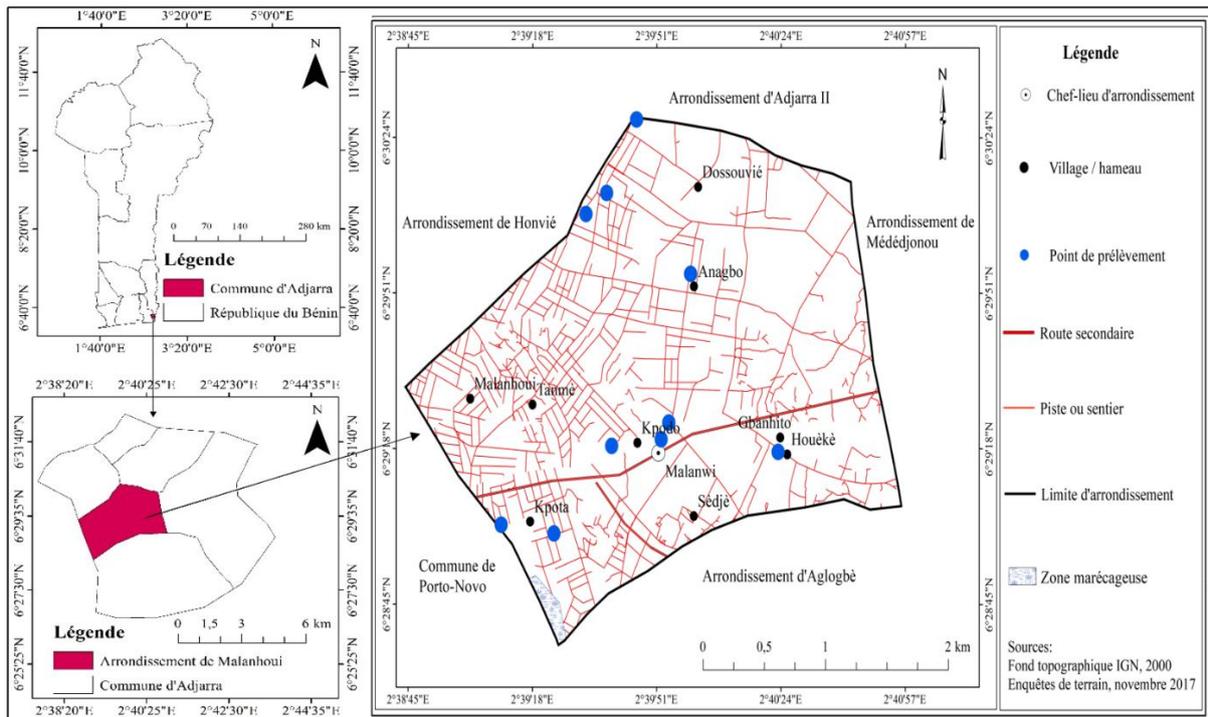


Figure 1 : Carte de la situation géographique et la de répartition spatiale des sites de prélèvement

2-2. Prélèvement des échantillons

Une enquête préalable a été effectuée afin de déterminer les sources d'eaux utilisées au sein des ménages, l'utilisation qui en est faite, celle qui est la plus utilisée, le type de traitement d'eau avant consommation, le niveau d'hygiène individuel et collectif du ménage dans le cadre de la préservation de leur état de santé. La sélection des sites de prélèvement a été faite par un choix raisonné qui a consisté à choisir un point d'eau privé par village et deux points d'eau privés dans le village le plus peuplé (Hêvié-kpota) ainsi que deux ménages s'approvisionnant au niveau de chaque point d'eau. Deux échantillons ont été prélevés au niveau de chaque PEA (source) : un destiné à l'analyse physico-chimique et le second à la bactériologie. De même, deux prélèvements sont faits au niveau des ménages pour servir à l'analyse bactériologique. Avant chaque prise d'échantillon, il a été procédé au flambage du robinet à l'aide d'un pistolet à gaz puis nous avons laissé couler l'eau pendant une quarantaine de secondes. Après quoi, un échantillon est prélevé dans un sachet de whirl-park de 250 mL précédemment stérilisé pour l'analyse bactériologique. Bien refermé, le sachet est rangé dans une glacière contenant des éléments réfrigérants. Ensuite, il est prélevé 500mL du même échantillon dans un flacon en plastique pour les analyses physico-chimiques.

2-3. Analyses physico-chimiques et chimiques

Le potentiel d'hydrogène (pH) est mesuré par un pH-mètre de marque pH 3110 Set 1. La température, la conductivité électrique, les solides totaux dissous (TDS) et la salinité sont mesurés par un conductimètre 3010 Set 1 de marque WTW. Le spectrophotomètre DR/2800 a servi à la mesure de la couleur et de la turbidité. Les

carbonates et les bicarbonates ont été dosés par la méthode alcalimétrique. Le titre hydrotimétrique et le calcium ont été mesurés par la méthode complexométrique, les chlorures par la méthode argentimétrique, le magnésium par la titrimétrie, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, le fluorure, le manganèse, le sulfate, le phosphate et le fer à l'aide du spectrophotomètre DR/2800.

2-4. Analyses bactériologiques

Les paramètres mesurés sont : les germes banals, les coliformes thermotolérants et les *Escherichia coli*. Pour les germes banals, la méthode utilisée est l'incorporation en gélose suivi du dénombrement en milieu solide (Plat Count Agar). En ce qui concerne les coliformes thermotolérants et les *Escherichia coli*, la méthode utilisée est la technique de filtration sur membrane. Le milieu utilisé pour ces dernières est le Rapid E coli.

3. Résultats

3-1. Les paramètres physiques

Pour cette étude, les paramètres physiques à savoir : le pH, la conductivité électrique, la température, le TDS, la salinité, la turbidité et la couleur ont été mesurés. Les différents relevés de ces mesures sont consignés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Résultats des paramètres physiques et la moyenne associée

Sites de prélèvement	Température (°C)	pH	CE (µS/cm)	TDS (mg/L)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)	Couleur (PtCo)
S1	25,2	5,61	119,5	59,75	00	0,47	<0,01
S2	25,2	4,71	134,9	67,45	00	0,48	<0,01
S3	25,1	5,33	40,1	20,05	00	0,52	<0,01
S4	25,3	5,42	36,5	18,25	00	1,3	<0,01
S5	25,2	5,00	233	116,5	00	1,06	<0,01
S6	25,2	5,39	39	19,5	00	0,69	<0,01
S7	25,4	4,91	46,2	23,1	00	0,32	<0,01
S8	25,3	5,22	57,5	28,75	00	3,41	0,203
S9	25,3	5,34	65,2	32,6	00	0,65	<0,01
S10	25,3	4,72	70,9	35,45	00	1,42	<0,01
Moyenne	25,34	5,17	84,28	42,15	00	1,032	-

Ce **Tableau** montre une variation du pH de 4,71 à 5,61 avec une moyenne de 5,17. Les pH enregistrés au niveau des eaux des PEA sont inférieures à la valeur limite minimale admise qui est de 6,5 au Bénin [13]. Ces valeurs du pH mesurées dévoilent ainsi l'acidité de ces eaux. La conductivité varie de 36,5 à 233 avec une moyenne de 84,28 µS/cm. Ces valeurs sont nettement inférieures à la valeur limite maximale admise qui est 2000 µS/cm selon la norme béninoise. La température, quant à elle, a une valeur moyenne de 25,34°C. Le TDS a connu une variation allant de 18,25 (S4) à 67,45 (S2) avec une moyenne de 42,15. Les valeurs de TDS rencontrées dans ces eaux sont aussi faibles par rapport à la recommandation de l'OMS qui est de 600 mg/L. La salinité est nulle pour toutes les sources. Ce sont des eaux non salées. Quant à la turbidité, elle varie entre 0,32 NTU (S7) et 3,41 NTU (S8) avec une moyenne de 1,03NTU. Ces valeurs obtenues sont inférieures à la valeur

limite maximale admise au Bénin qui est de 5 NTU. La couleur est inférieure à 0,01UCV pour toutes les sources sauf au niveau de S8 où elle a une valeur de 0,203UCV. Ces valeurs obtenues sont inférieures à la valeur limite maximale admise au Bénin qui est de 15 UCV. De l'analyse de ce tableau, il ressort que tous les paramètres physiques mesurés respectent les normes béninoises pour l'eau de boisson sauf pour le pH dont les valeurs sont inférieures à 6,5.

3-2. Paramètres chimiques

- Les nitrites et nitrates

Les teneurs en nitrites varient de 0,001 mg/L (S5) à 0,027 mg/L (S8). Au total, tous les PEA étudiés présentent des teneurs en nitrites ne dépassant pas la norme de 3,2 mg/L pour le Bénin (*Figure 2*). Les concentrations en nitrate de l'ensemble des échantillons varient entre 1,09 mg/L (S9) et 33,38 mg/L (S5) (*Figure 2*). Notons que tous les échantillons ont leurs valeurs en nitrate inférieures à la norme béninoise.

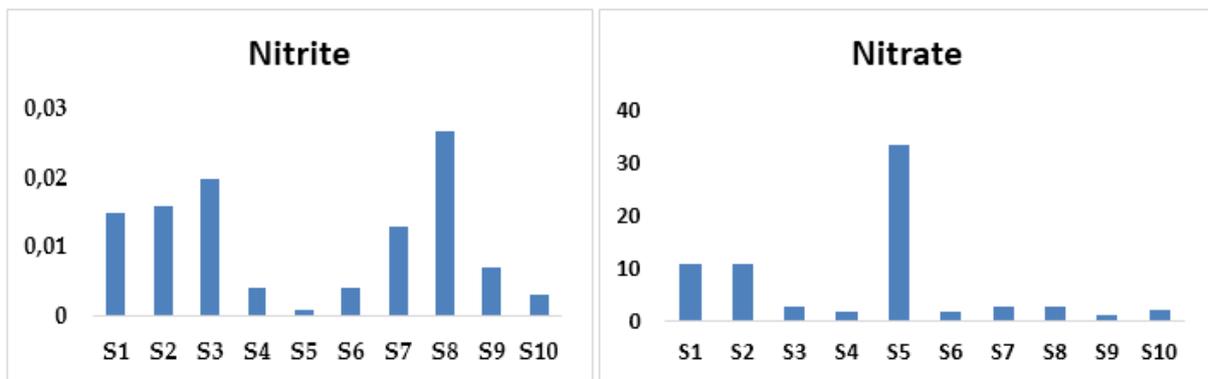


Figure 2 : Variation des teneurs en ions nitrites et nitrates dans les échantillons d'eau

- L'ammonium

Les concentrations en ammonium varient de 0,01 mg/L à 0,08 mg/L (*Figure 3*). Ces valeurs sont en dessous de la norme béninoise.

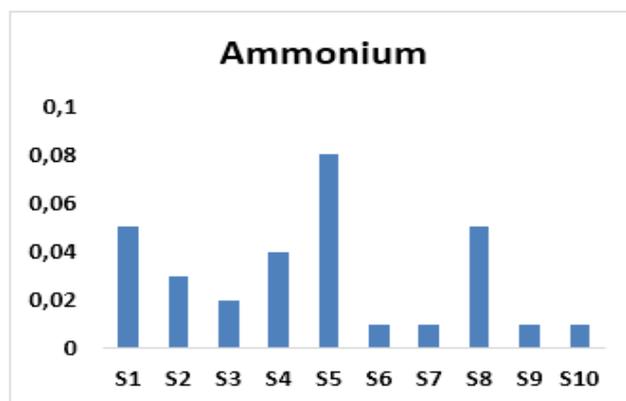


Figure 3 : Variations des teneurs en ions ammonium dans les échantillons d'eau

- Les sulfates et phosphates

Les teneurs en sulfate des eaux des PEA étudiées sont généralement faibles puisqu'elles oscillent entre 0,1 mg/L et 2,00 mg/L (*Figure 4*). Ces valeurs respectent la norme du Bénin pour les eaux de consommation

(< 500 mg/L). Les concentrations de phosphates varient de 0,03 mg/L à 0,99 mg/L. Les PEA échantillonnés ont leurs valeurs en dessous de la norme fixée au Bénin.

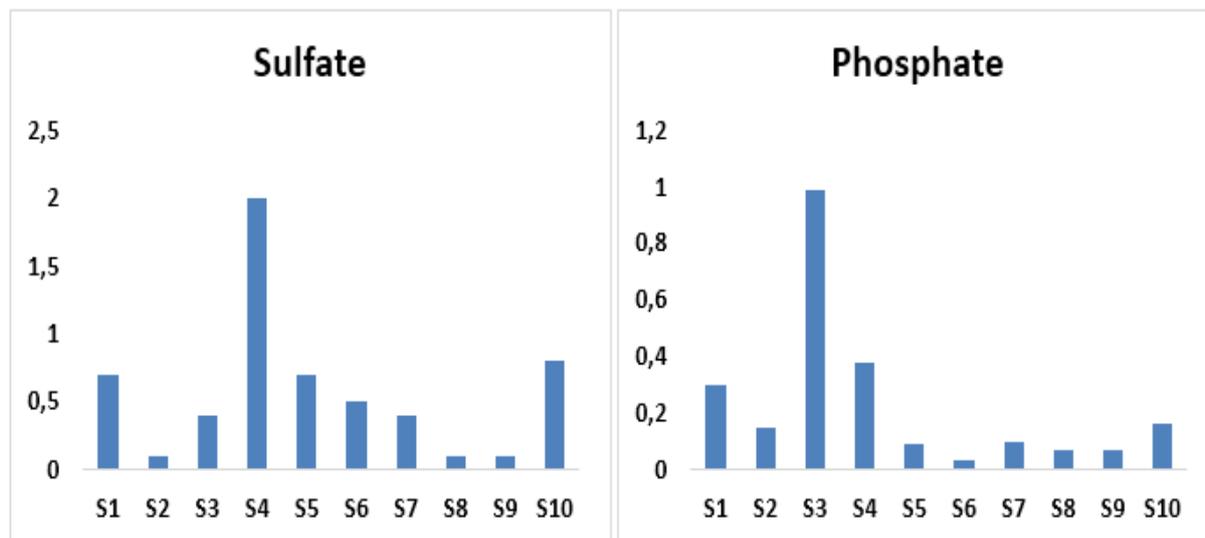


Figure 4 : Variation des teneurs en ions sulfates et phosphates dans les échantillons d'eau

- Les fluorures et les chlorures

Les teneurs en fluorure varient entre 0,02 mg/L à 0,34 mg/L (**Figure 5**). De l'analyse des teneurs en chlorure (**Figure 5**), il en découle que tous les PEA étudiés ont leurs valeurs en dessous de la norme fixée par le Bénin qui est de 250 mg/L.

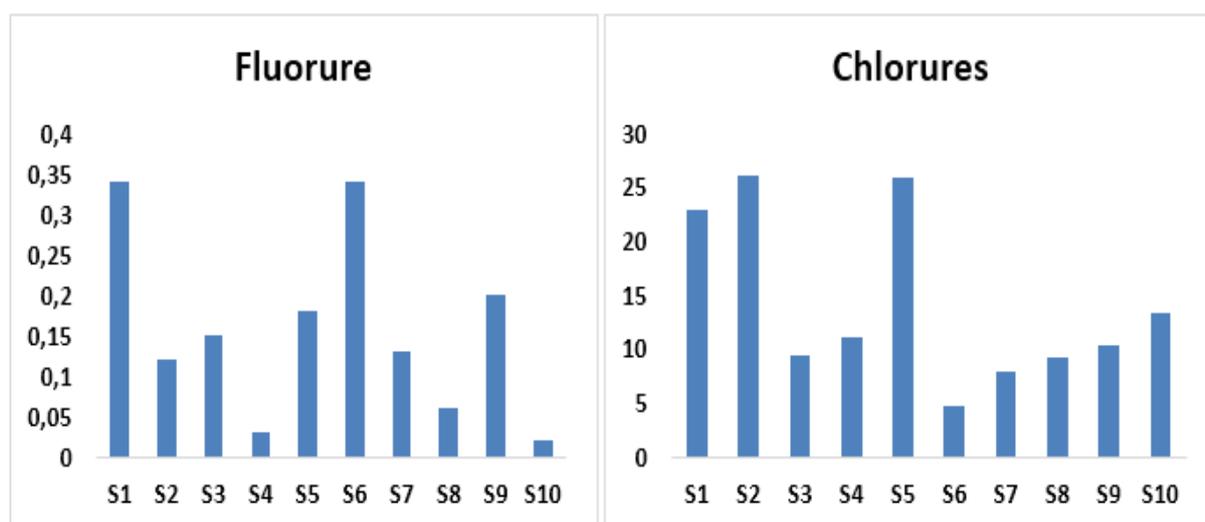


Figure 5 : Variation des teneurs en ions fluorures et chlorures dans les échantillons d'eau

- Le calcium et le calcium

Les teneurs de calcium varient de 0,56 mg/L à 8,2 mg/L (**Figure 6**). Notons que tous les PEA ont leurs valeurs en calcium inférieure à la norme fixée par Bénin. Il s'agit des eaux très douces. Les teneurs en magnésium varient de 0,01 mg/L à 1,18 mg/L (**Figure 6**). Ces valeurs sont en dessous de la norme au Bénin qui est de 50 mg/L.

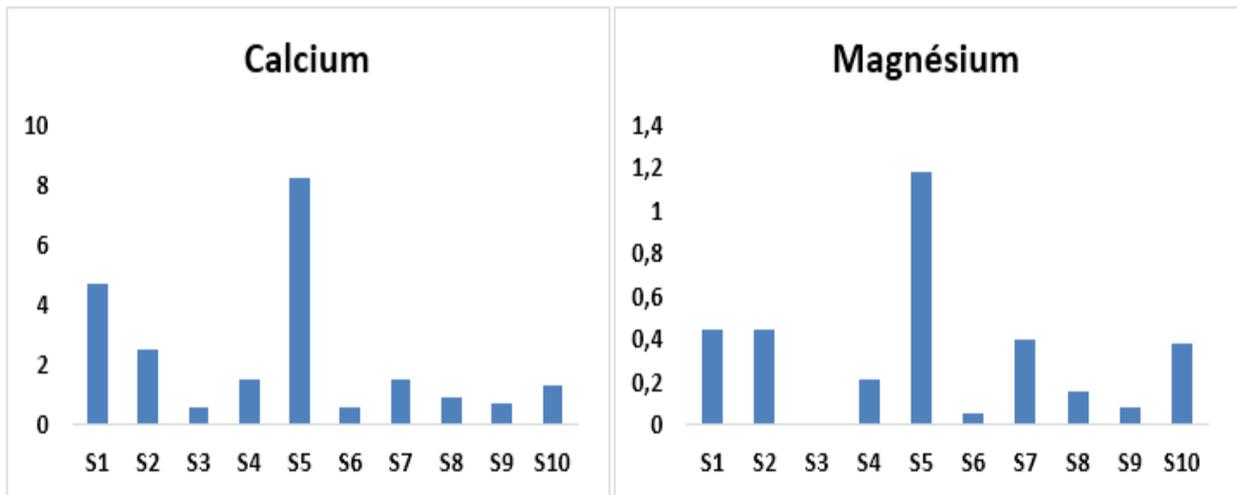


Figure 6 : Variation des teneurs en ions calcium et magnésium dans les échantillons d'eau

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté des eaux étudiées varie entre 1,6 et 32,3 mg/L CaCO₃ (Figure 7). La valeur de la dureté la plus élevée est rencontrée dans les eaux de S5 et la valeur la plus faible dans les eaux de S3. Ces valeurs sont largement inférieures à la norme du Bénin qui est de 200 mg/L.

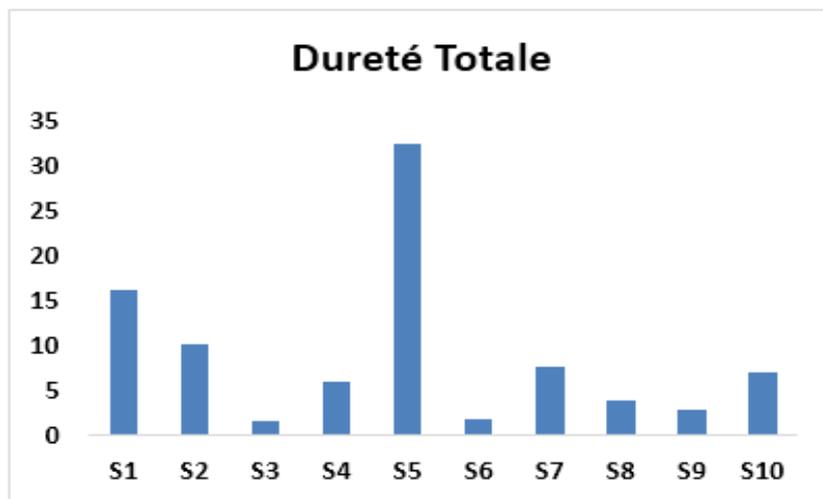


Figure 7 : Variations en dureté totale des échantillons d'eaux

- Les carbonates

Les ions carbonates sont absents dans les eaux étudiées. L'absence d'ions CO₃²⁻ dans les eaux des PEA indique que le Titre Alcalimétrique (TA) est nul.

- Les bicarbonates

Les eaux des PEA étudiés sont caractérisées par de faibles concentrations en bicarbonate qui varient entre 0,732 mg/L et 7,93 mg/L (Figure 8).

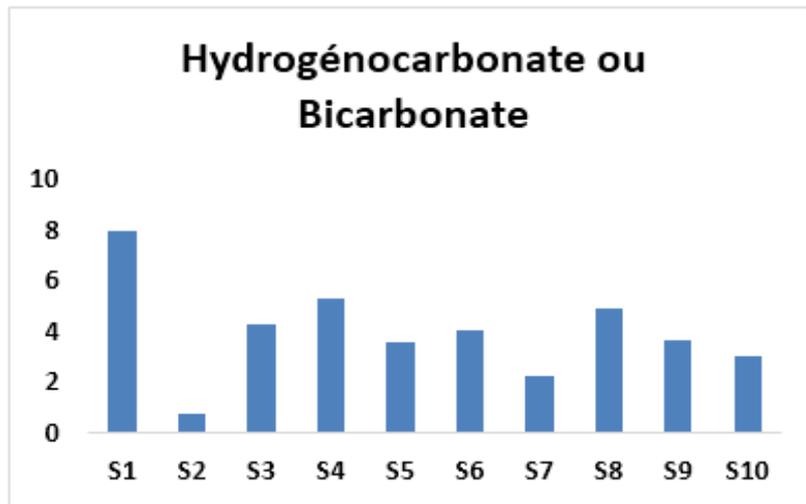


Figure 8 : Variation des teneurs en bicarbonates dans les échantillons d'eau

- Le manganèse

Les teneurs en manganèse des eaux des PEA étudiés sont faibles puisqu'elles oscillent entre 0,002 mg/L et 0,071 mg/L (**Figure 9**). Ces valeurs respectent la norme béninoise. Les résultats de l'analyse portant sur la teneur en fer de l'eau des PEA montrent que les concentrations en ions fer varient entre 0,02 mg/L et 0,1 mg/L (**Figure 9**). Les échantillons d'eau des PEA sont pour la plupart conformes aux normes chimiques de potabilité en vigueur pour les eaux de consommation au Bénin.

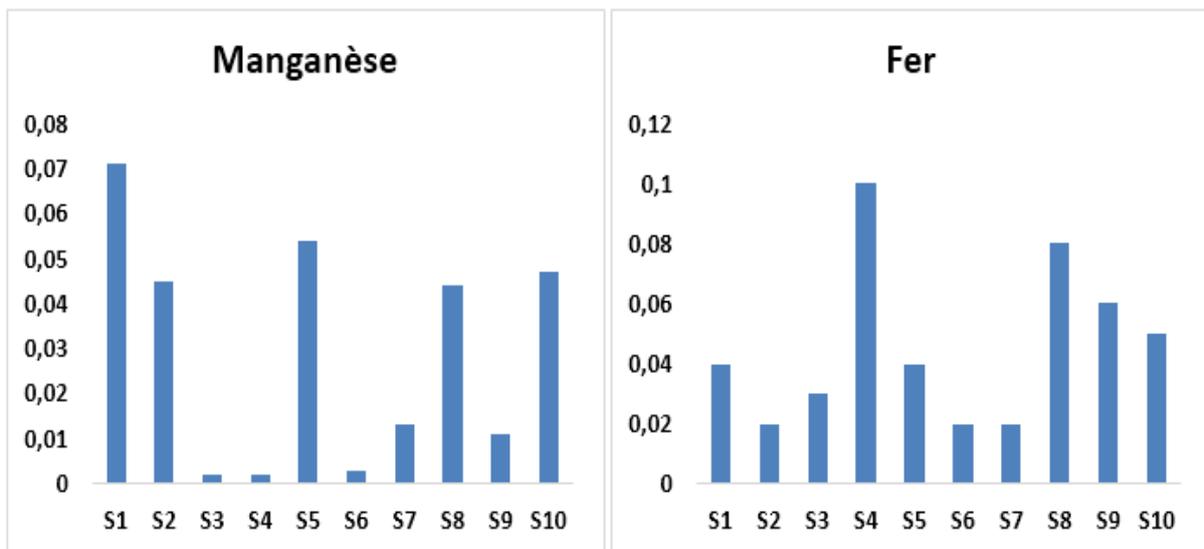


Figure 9 : Variations des teneurs en manganèse et en fer dans les échantillons d'eau

3-3. Les paramètres bactériologiques

- Coliformes thermotolérants

La **Figure 16** montre les variations en charge de coliformes thermotolérants. Leurs concentrations varient de 0 à 18600 UFC/100 mL au niveau des sources et de 0 à 4000 UFC/100 mL dans les ménages.

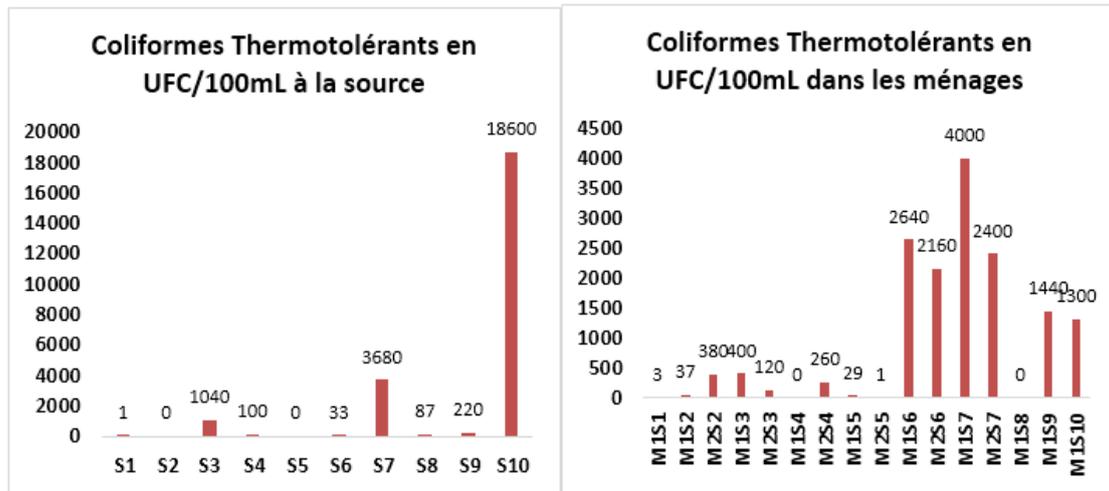


Figure 10 : Les coliformes thermotolérants présents dans les eaux échantillonnées

- *Escherichia coli*

D'après la **Figure 11**, la concentration moyenne d'*E. coli* aux sources est de 15 UFC/100 mL et varie entre 0 et 75 UFC/100 mL. Dans les ménages, par contre, la moyenne est de 27,81 UFC/100 mL et varie de 0 à 253 UFC/100 mL. La norme fixée par le Bénin est de 0 UFC/100 mL.

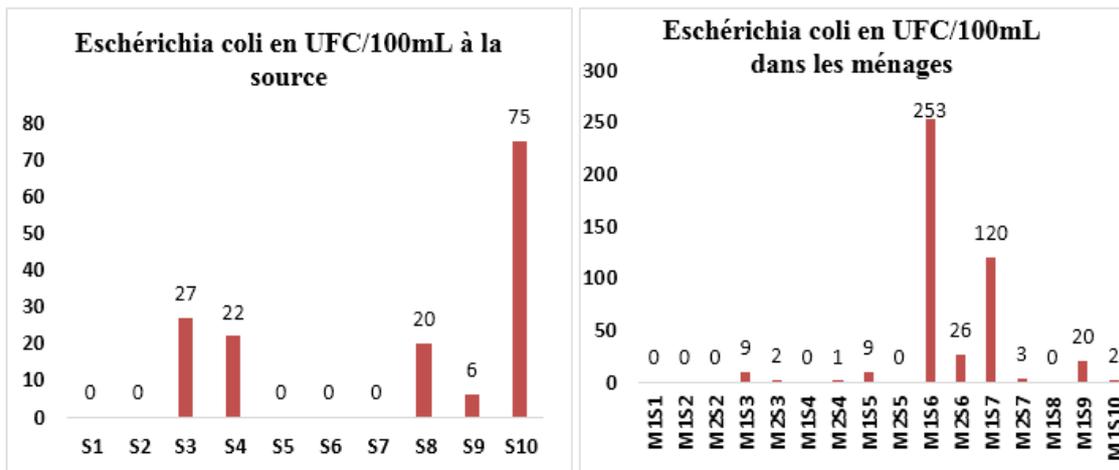


Figure 11 : Les *E. coli* présents dans les eaux échantillonnées

- Germes Aérobie Mésophile (Les germes banals ou autochtones)

L'analyse de la **Figure 12** révèle qu'une des sources échantillonnées ne contient pas des germes banals. Les autres sources d'eau échantillonnées ont des valeurs en germes mésophiles supérieures à la norme définie par le Bénin qui est de 50 UFC/mL pour les eaux non désinfectées. On constate que seules les eaux des PEA S2 et des ménages M1S4 et M1S8 respectent les normes alors que les autres PEA et les ménages échantillonnés dépassent cette norme. En effet, la quasi-totalité de ces PEA sont contaminés par des bactéries d'origine fécale. Il faut faire remarquer que de la source S2 au ménage M1S2 et M2S2, il y a eu contamination, donc le transport et le stockage sont des facteurs de risque.

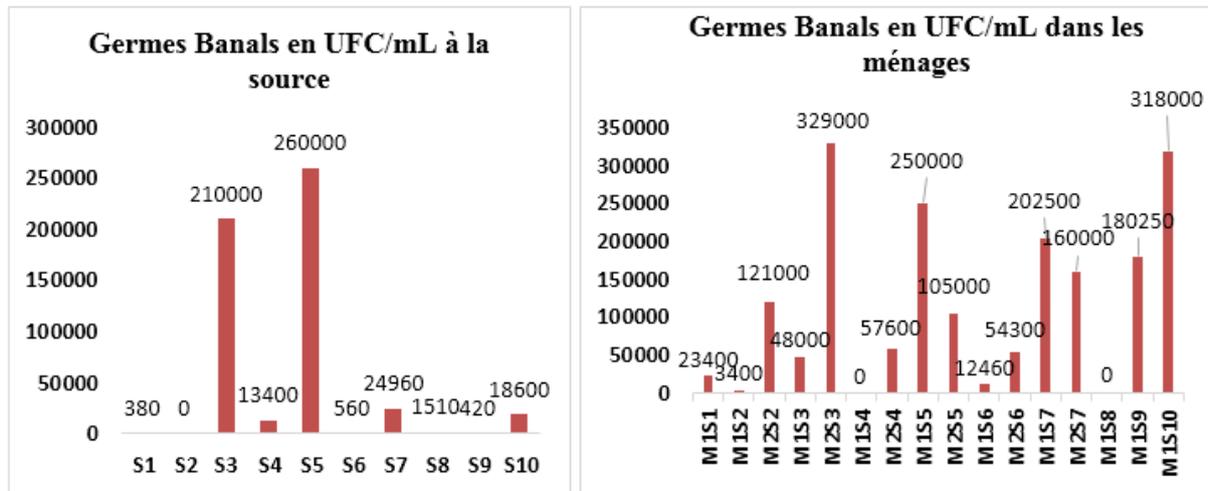


Figure 12 : Les Germes Aérobie Mésophile contenus dans les eaux échantillonnées

4. Discussion

De façon générale, les résultats des analyses physiques ont révélé des conductivités électriques des eaux relativement faibles. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Ollou (2015) et Adeke (2017) qui ont fait respectivement des études sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux destinées à la consommation dans les communes de Boukounbé et de Dangbo au Nord et au Sud du Bénin [14, 15]. Les caractéristiques des pH sont liées à la nature géologique des formations aquifères et aux terrains traversés [16]. Le pH permet de définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau [17]. Les valeurs de pH mesurées ne respectent pas la norme béninoise. Ces valeurs sont en deçà de l'intervalle (6,5 à 8,5). Ainsi, elles sont similaires aux valeurs obtenues pour les eaux de puits et de forages consommées dans le bassin pétrolier de Doba au Tchad [18]. Les eaux étudiées sont acides et peuvent être agressives et favoriser les risques de corrosion ou d'entartrage. On observe des températures moyennes de 25,25°C. Cela peut s'expliquer par l'influence de la température ambiante sur les eaux prélevées. Il convient de souligner qu'une eau de température située entre 25°C et 28°C constitue un bon milieu de culture pour les micro-organismes de l'environnement [14]. Les résultats des analyses chimiques indiquent que toutes les concentrations des paramètres chimiques dosés (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , F^- , PO_4^{3-} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) dans les échantillons respectent les normes béninoises pour les eaux de boisson. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus à Djougou sur le suivi de la qualité des eaux souterraines [19]. Sur les dix (10) sources échantillonnées, seule S2 est exempte de contamination microbienne. Les résultats révèlent la présence des germes indicateurs de contaminations bactériologiques (germes banals, coliformes thermotolérants et des *E. coli* dans les eaux des PEA en quantité très élevée dans les sources et dans les ménages). Il faut souligner que la présence de coliformes thermotolérants indique une pollution strictement d'origine fécale et aussi la présence probable de germes pathogènes [20]. Les unités formant colonies des germes évalués dans les eaux provenant des ménages sont très supérieures à ceux retrouvés dans les eaux provenant des sources. Ceci est en parfaite concordance avec les résultats de Kelome et al., (2014) stipulant que la pollution bactériologique de l'eau des PEA est fortement liée à l'environnement insalubre autour des ouvrages de captage et de distribution de l'eau de ces PEA [21]. Les facteurs liés à la qualité déficiente de ces eaux constatées aux sources sont donc essentiellement liés au manque d'hygiène autour des différents points d'approvisionnement en eau et au manque d'assainissement de l'environnement immédiat. La valeur des germes banals dans la plupart des cas est très élevée par rapport à la valeur des coliformes thermotolérants

et des *E. coli*. Par ailleurs, la faible valeur des autres coliformes par rapport aux germes banals, témoigne de la présence d'autres germes autre que les coliformes dans ces eaux de boisson. Ainsi donc, de ces eaux, seule la source S2 répond à la norme de potabilité car la norme recommandée est 0 UCF/100mL. Nous avons aussi les ménages M1S4 et M1S8 et cela s'explique par le fait que ces ménages ont utilisé le produit Aquatabs pour traiter l'eau. Nous avons donc une contamination d'origine microbienne, organique et d'origine fécale. Particulièrement au niveau de S3 et S5, les eaux à la source sont plus polluées que celles dans les ménages. Ces ménages n'ayant pas signalé un quelconque traitement, nous soupçonnons soit l'ajout inconscient d'un produit ayant favorisé la mortalité de ces germes, soit l'influence du temps de séjour, soit des conditions de stockage favorisant un environnement de plus en plus anoxique créant ainsi la mort de certains de ces germes. En ce qui concerne l'incidence des conditions de stockage dans les ménages sur la qualité de l'eau, les résultats des analyses montrent que 100 % des ménages visités ont leur stock d'eau souillée par les germes de pollution fécale. 50 % ont plus de 500 colonies d'*E. coli* dans leur eau de consommation. Jabu (2007) dans deux villages au Malawi a trouvé 91 % et 80 % de présence en *Escherichia Coli* sur 10 ménages enquêtés. Il s'en suit que les méthodes de stockage d'eau souffrent du manque d'hygiène [22]. Notons que pendant le stockage, l'eau peut être contaminée par des nids de microbes qui se forment dans les rugosités des parois des réservoirs. De même, les Calebasses de prise d'eau ne sont pas toujours propres avant leurs introductions dans les récipients ou bassine qui sont parfois laissées non couvertes. Notons également que le temps de séjour moyen de l'eau dans les ménages est estimé à 3 jours et le renouvellement n'implique pas forcément le nettoyage du récipient de stockage. Ainsi donc, la population dans l'obligation de boire de l'eau, consomme de l'eau de qualité douteuse et s'expose aux maladies hydriques (le choléra, la fièvre typhoïde et les infections diarrhéiques) mettant en péril sa vie surtout celle des enfants. Ces valeurs sont similaires à celles obtenus dans les eaux de puits consommées dans l'arrondissement d'Akassato [13]. Mais, elles sont supérieures à celles obtenues pour les eaux consommées dans la commune d'Adjohoun [24]. La présente étude a donc permis de constater que la problématique de la qualité des eaux des PEA de l'arrondissement de Malanhoui est une question de préoccupation majeure.

5. Conclusion

Des enquêtes effectuées sur le terrain et à la lumière des résultats obtenus au sujet de la gestion des eaux des PEA consommées par la population de l'arrondissement de Malanhoui, nous pouvons conclure qu'aucun des PEA investigués n'est chimiquement pollué et 88,46 % des eaux des PEA présentent une pollution bactériologique. En effet, sur le plan bactériologique, 93 % des ouvrages échantillonnés signalent une forte présence de contaminants fécaux et de coliformes thermotolérants qui dépassent les valeurs limites recommandées par les normes définies au Bénin. Ceci s'explique essentiellement par le manque d'hygiène et d'assainissement au niveau de l'environnement des points d'eau. Cette qualité est une menace pour la santé publique. Il urge donc que des mesures correctives soient apportées au plus vite par les autorités en charge de l'approvisionnement en eau et celles en charge de l'hygiène et de l'assainissement de base.

Références

- [1] - L. BOUGUERRA, Les batailles de l'eau : pour un bien commun de l'humanité, Enjeux Planète, (2003) 157 - 162 p.
- [2] - OMS, Guidelines for drinking-water quality. Third edition incorporating the first and second addenda. Volume 1: recommandations. Geneva
- [3] - J. P. LOUIS, A. TREBUCQ, M. GBADJAAMO, P. ARRIVE, V. FOUMANE, J. KALITE, J. B. ROUNEGOU, Les maladies diarrhéiques infantiles en république centre africaine, *Médecine d'Afrique Noire*, 38 (4) (1991)
- [4] - OMS, Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2^{ème} édition, (1994)
- [5] - L. F. NIMRI, Z. EL NASSER et R. BATCHOUN, Polymicrobial infections in children with diarrhoea in a rural area of Jordan. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 42 (2004) 255 - 259
- [6] - M. LAGNIKA, M. IBIKOUNLE, J-P. C. MONTCHO, V. D. WOTTO & N. G. SAKITI, Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79 (2014) 6887 - 6897
- [7] - E. F. DOVONOU, Diagnostic qualitatif et environnemental de l'aquifère superficiel du champ de captage intensif de Godomey au Bénin (Afrique de l'Ouest) : Eléments pour un plan d'actions stratégiques de protection des ressources en eau souterraine exploitées. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur à l'Université d'Abomey-Calavi, (2012) 161 p.
- [8] - M. P. AINA, Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et a sa validation expérimentale sur sites. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Limoges, (2006) 236 p.
- [9] - A. ALASSANE, Etude hydrogéologique du continental terminal et des formations de la plaine littorale dans la région de Porto-Novo (sud du Bénin) : Identification des aquifères et vulnérabilité de la nappe superficielle. Thèse de doctorat de troisième cycle à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, (2004) 185 p.
- [10] - S. EKPE, Impact des pratiques de transport et de stockage sur la qualité microbiologique des eaux de consommation dans l'arrondissement de Godomey (commune d'Abomey-Calavi) en République du Bénin. Mémoire de fin de formation de Master Professionnelle en Hydrologie, (2018) 70 p.
- [11] - B. S. DANSOU & L. ODOULAMI, Facteurs de dégradation des eaux de puits à usage domestique dans la commune de Pobè au Sud-Est du Bénin. *Afrique Science*, 11(6) (2015) 367 - 376
- [12] - M. MAKOUTODE, A. K. ASSANI, E-M. OUENDO, V. D. AGUEH & P. DIALLO, Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. *Médecine d'Afrique Noire*, 46 (11) (1999) 528 - 534
- [13] - ABENOR, Décret N°2001-94 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin, (2001) 11 p.
- [14] - P. OLOU, Evaluation des contaminations physico-chimique et microbiologique des eaux destinées à la consommation dans la commune de Boukounbé : cas de l'arrondissement de Manta. Mémoire de Master 2 à l'Université d'Abomey-Calavi, (2015) 58 p.
- [15] - H. ADEKE, Analyse des dépôts issus des eaux souterraines par la spéciation dans l'arrondissement de Dêkin commune de Dangbo (Sud-Bénin), mémoire de fin formation pour l'obtention du diplôme de Master Professionnel en Hydrologie option hydrogéologie, (2017) 74 p.
- [16] - B. A. HASSANE, Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique: Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER), Thèse de l'Univ. Abdou Moumouni de Niamey (Niger), (2010) 198 p.
- [17] - A. TOUMI, A. REGGAM, H. ALAYAT, M. HOUHAMDI, J. Mater. Environ. Sci., 7 (1) (2016) 139 - 147
- [18] - T. MAOUDOMBAYE, G. NDOUTAMIA, M. SEID ALI, A. NGAKOU, Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières consommées dans le bassin pétrolier de Doba au Tchad. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, N°24, Décembre (2015) 193 - 208 p.

- [19] - P. NONFODJI, Suivi de la qualité des eaux souterraines dans la commune de Djougou et les facteurs exogènes de sa pollution. Mémoire de fin d'étude FOAD Master GIRE, (2009) 93 p.
- [20] - M. D. AGASSOUNON, A. ALASSANE, D. MAMA, C. AHANHANZO, TOUKOUROU F. & AGBANGLA C, Contrôle des paramètres physicochimiques des eaux en bouteille vendues à Cotonou. *Bulletin d'Informations de la SOACHIM*, 007 (2010)
- [21] - N. C. KELOME, L. DOVONOU & R. LAWANI, Problématique de l'eau desservie a la population par les postes d'eau autonomes privées dans la commune de Kétou. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, Série A, 16 (1) (2014) 15 - 23
- [22] - G. C. JABU, Assesement and comparison of microbial quality of drinking water in Chikwawa, Malawi. (2007) www.csfp-online.org/news/jabupaper.pdf. (date de consultation 06/08/2018).
- [23] - C. GBAGUIDI, Qualité de l'eau de puits : localités d'Aitchédji et zèkanmey. Mémoire de fin de formation en licence professionnelle à l'Université d'Abomey-Calavi, (2014) 55 p.
- [24] - H. AVOCE, Qualité de l'eau consommée dans la commune d'Adjohoun : cas des villages de Hlankpa et Gla, Mémoire de fin de formation en licence professionnelle, UAC/EPAC/GEEn, (2014) 38 p.