



Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie) [Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (N.E- Algeria)]

Wissem Ayad ¹, Mohamed Kahoul ^{2*}

¹ Laboratoire de biochimie et microbiologie appliquées, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP 12, Algérie.

² Laboratoire des sols et développement durable, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP 12, Algérie.

Received 22 July 2015; Revised 29 Jan 2016, Accepted 4 Feb 2016

*Corresponding Author: E-mail: kahomed@yahoo.fr

Abstract

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene requires excellent physico-chemical and microbiological quality. To assess the quality of well water for human consumption in the El - Harrouch region which is located in North-east of Algeria, a physico- chemical and bacteriological control was carried out on the basis of 25 water samples from wells in this area. The analyzes were performed on these samples by measuring the following physico-chemical parameters: temperature, pH, electric conductivity (EC), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), chloride (Cl⁻), dissolved oxygen, nitrite (NO₂⁻), total hardness (TH) and possibly seeking unwanted bacteria (total bacteria, total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci, *Clostridium* sulfite-reducing) . The results of analyzes showed that waters of a large number of wells have a poor physico- chemical and bacteriological quality which constitutes probably a significant harm to population consuming these waters.

Keywords: Water wells, Physico-chemical, Bacteriology, Quality, El-Harrouch

Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. Pour apprécier la qualité des eaux de puits destinées à la consommation humaine dans la région d'El-Harrouch qui est situé au Nord-est de l'Algérie, un contrôle physico-chimique et bactériologique a été réalisé et a porté sur plusieurs échantillons d'eau prélevés au niveau de 25 puits appartenant à cette localité. Les analyses ont été effectuées sur ces échantillons en mesurant les paramètres physico-chimiques suivants : la température, le pH, la conductivité électrique (CE), le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), les chlorures (Cl⁻), l'oxygène dissous, les nitrites (NO₂⁻), la dureté totale (TH) et en recherchant éventuellement les germes indésirables (germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *Clostridium* sulfite-réducteurs). Les résultats des analyses effectuées ont fait ressortir que les eaux d'un grand nombre de puits sont de mauvaise qualité aussi bien sur le plan physico-chimique que bactériologique ce qui constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces eaux.

Mots clés : Eaux de puits, Physico-chimie, Bactériologie, Qualité, El- Harrouch

1. Introduction

Partout dans le monde, la pression sur les ressources en eau et en particulier sur les ressources en eau souterraines est à la hausse, principalement en raison de la demande croissante [1]. L'eau captée peut contenir des éléments pouvant avoir des effets indésirables sur la santé, comme des microorganismes pathogènes, des substances indésirables ou même des substances toxiques [2].

Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture [3, 4, 5,6, 7]. D'autres études ont révélées que la pollution des eaux souterraine est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence du traitement, au manque du réseau d'assainissement et au non-respect des conditions d'hygiène publique [8, 2,9]. En Algérie, les eaux souterraines sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline. La surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Certaines régions algériennes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène et ainsi l'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité [10]. Cette étude a pour objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits utilisées comme eau de boisson au niveau de la région d'El-Harrouch (Algérie), de dégager éventuellement les causes de la pollution de ces eaux et de faire des propositions aux consommateurs de telle manière à observer des attitudes garantissant la qualité de l'eau.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la région d'étude

La commune d'El Harrouch est située géographiquement au Nord - est de l'Algérie et au Sud de la wilaya de Skikda (Fig.1). Sa surface globale est de 101,80 km². Le réseau hydrographique est représenté par des cours d'eau permanents qui forment exclusivement des affluents des deux principaux oueds Saf saf et N'ssa. La tranche pluviométrique annuelle est variée entre 600 mm et 800 mm. Les températures sont positives tout au long de l'année, avec une moyenne de 18.37°C.



Figure 1 : Situation géographique de la région d'El-Harrouch [13].

2.2. Echantillonnage

Les puits où ont lieu les prélèvements des échantillons d'eau sont au nombre de 25 et sont localisés dans la région d'El-Harrouch (Fig.2). Les échantillons d'eau pour l'analyse physico-chimique ont été prélevés dans des flacons jetables en matière plastique, conservés à 4°C, ensuite analysés dans les 24 heures qui suivent. A chaque prélèvement, la température et le pH de l'eau ont été mesurés in situ respectivement à l'aide d'un thermomètre et d'un pH-mètre.

Pour l'analyse bactériologique, les échantillons sont recueillis à 30cm de profondeur des puits dans des flacons en verre stériles de 250 ml munis de bouchons à vis tout en respectant les conditions aseptiques les plus rigoureuses[11].

2.3. Analyses

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées selon les méthodes décrites par Rodier *et al.* [12], et ont concerné la température, le pH, la dureté (TH), l'oxygène dissous, les nitrites, le calcium, les chlorures, le magnésium et la conductivité électrique.

Les analyses bactériologiques ont porté sur la recherche des coliformes totaux et l'identification d'*Escherichia coli*, la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux basés sur un test présomptif et un test confirmatif. La recherche et le dénombrement des *Clostridium*s sulfito-réducteurs basés sur la sélection des spores et l'enrichissement dans un milieu liquide (viande-foie) [12].



Figure 2 : Localisation des stations d'échantillonnage dans la région d'étude.

3. Résultats et discussion

3.1. Paramètres physico-chimiques

3.1.1. La température

Les mesures in-situ de la température dans les eaux des puits contrôlés varient de 20 à 24°C (Fig.3) et est donc conforme aux normes locales des eaux souterraines qui recommandent des températures ne dépassant pas les 25°C [14].

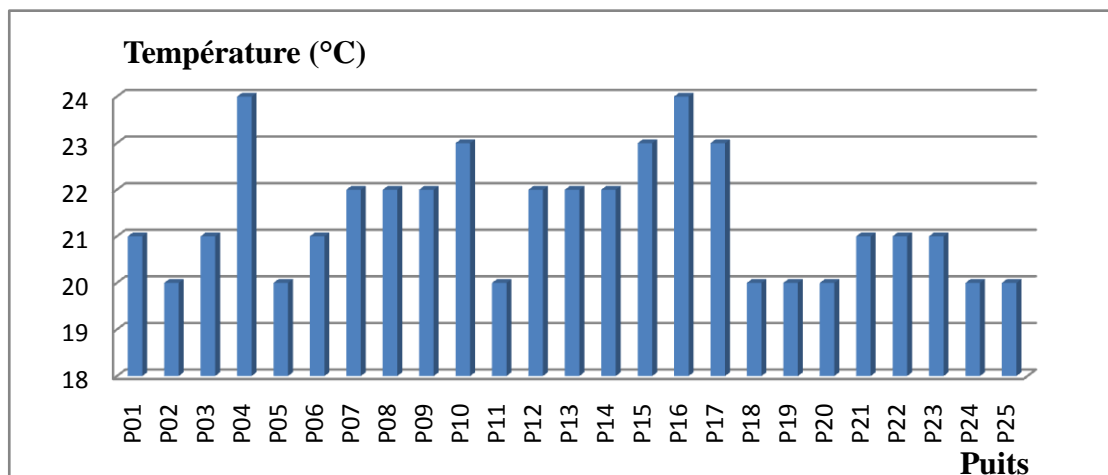


Figure 3 : Variation de la température des eaux de puits des différentes stations

3.1.2. Le Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels [12]. Selon la réglementation locale [14], les valeurs du pH des eaux souterraines doivent être situées entre 6,5 et 9. Dans la région d'étude, les valeurs du pH

enregistrées in-situ (Fig.4) ne montrent pas de variations notables, on note un minimum de 6,8 au puits P05 et un maximum de 7,9 au puits P01 ce qui témoigne d'un pH conforme à la réglementation des eaux de tous les puits.

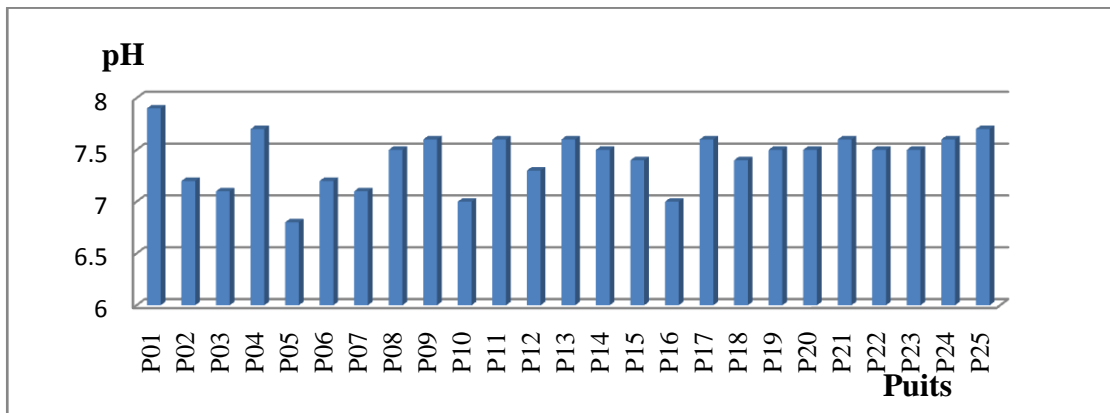


Figure 4 : Variation du pH des eaux de puits des différentes stations

3.1.3. L'oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs, en particulier la température, la pression atmosphérique et la salinité. L'oxygène dissous est aussi fonction de l'origine de l'eau. Les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre [12]. Etant l'un des plus importants indicateurs du degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau exprimée en mg.L^{-1} ou en pourcentage de saturation. Les concentrations obtenues au niveau des eaux des différents puits étudiés (Fig.5) ne présentent pas de variation notable. Les eaux étudiées contiennent de faible taux d'oxygène dissous avec une valeur maximale qui atteint $2,72 \text{ mg L}^{-1}$ (puits P13). Ces teneurs en oxygène dissous sont inférieures à la norme algérienne fixée à 5 mg L^{-1} [14] et ceci serait en relation avec les eaux polluées qui s'infiltreraient vers la nappe phréatique [15].

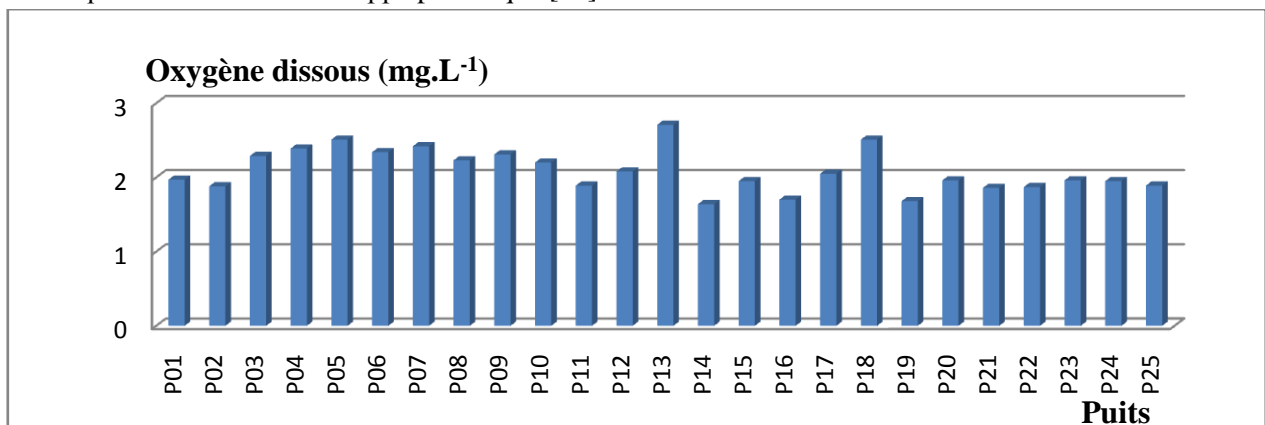


Figure 5 : Variation de la teneur en Oxygène dissous dans les eaux de puits des différentes stations

3.1.4. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle détermine la teneur globale des minéraux présent dans une solution [16]. Les eaux analysées présentent une conductivité électrique qui varie de $504 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à $3580 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Fig.6). Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à $2800 \mu\text{S.cm}^{-1}$ [14], excepté le puits P18 qui affiche une valeur trop élevée ($3580 \mu\text{S.cm}^{-1}$). Cette valeur importante semble résulter du lessivage de la roche réservoir au sein de laquelle les eaux séjournent [1].

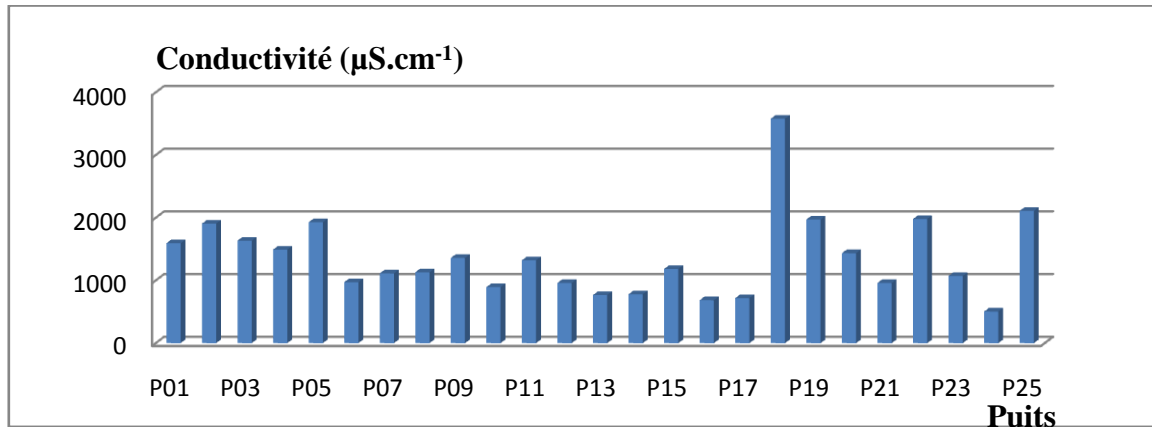


Figure 6 : Variation de la Conductivité électrique des eaux de puits des différentes stations

3.1.5. La dureté totale

Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} auxquels s'ajoutent quelquefois les ions Fe^{+2} , Mn^{2+} et Sr^{2+} . La variation de la dureté totale (TH) constatée dans les eaux des différents puits peut être liée à la nature du sol dans la région. Les valeurs enregistrées varient entre 230 mg.L^{-1} à 760 mg.L^{-1} (Fig.7). Ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium. Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, la dureté totale ne doit pas dépasser la valeur de 500 mg.L^{-1} [14], ainsi les eaux de puits de la région sont caractérisées par une dureté totale moyenne à élevée.

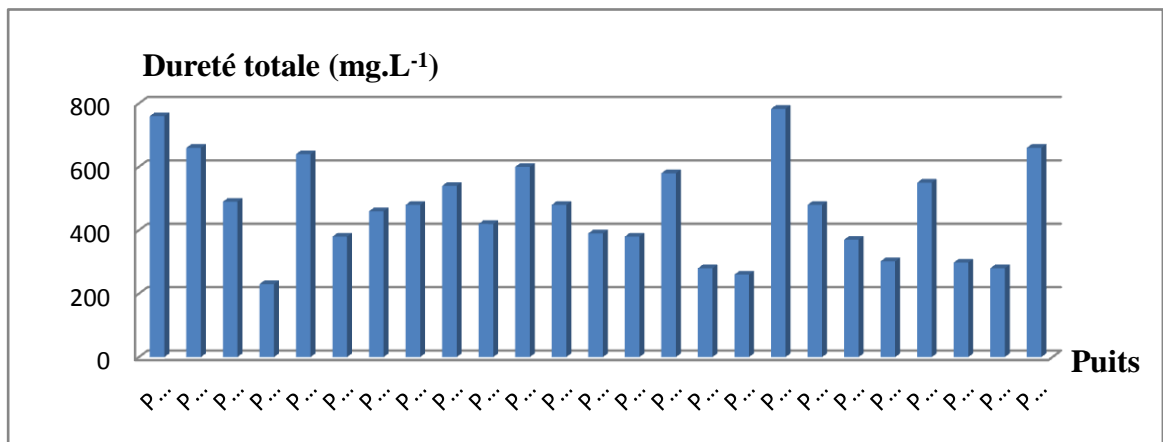


Figure 7 : Variation de la Dureté Totale des eaux de puits des différentes stations

3.1.6. Le calcium

C'est un métal alcalin terreux ; composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur varie essentiellement selon la nature des terrains traversés [12]. Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau [17]. En comparaison avec les normes algériennes de potabilité fixée pour le calcium soit 200 mg.L^{-1} , 72% des eaux de puits contrôlées présentent des teneurs élevées en Ca^{2+} (Fig.8). Cette pollution peut être d'origine industrielle et urbaine [18].

3.1.7. Le magnésium

C'est un élément significatif de la dureté de l'eau, il donne un goût désagréable à l'eau [12]. Selon les normes algériennes de l'eau potable pour le magnésium (150 mg.L^{-1}) [14], les valeurs enregistrées dans la majorité des puits dépassent cette norme avec un maximum de 320 mg.L^{-1} dans l'eau du puits P02. La valeur la plus faible (40 mg.L^{-1}) est observée dans les eaux du puits P04 (Fig.9). Selon Nouayti *et al.* [1], La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques.

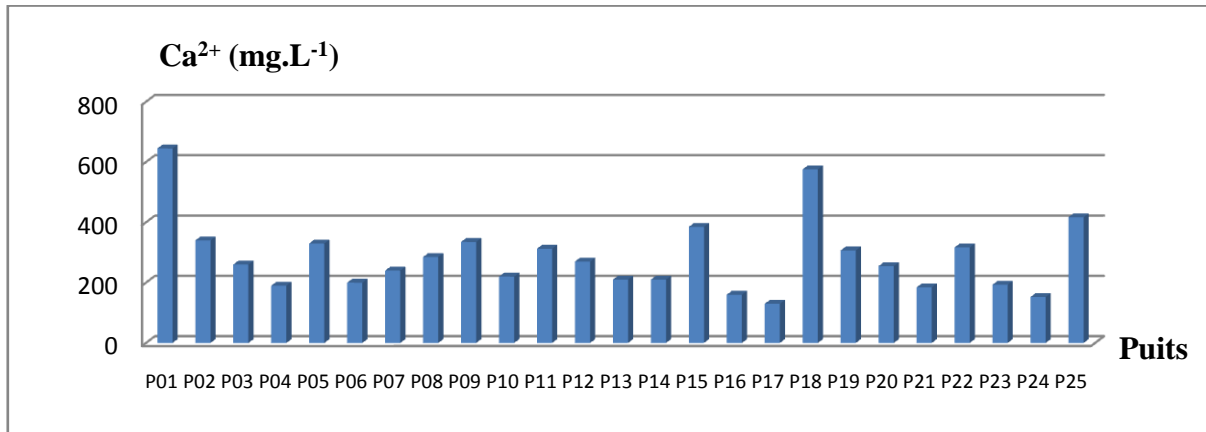


Figure 8 : Variation de la teneur en Calcium dans les eaux de puits des différentes stations

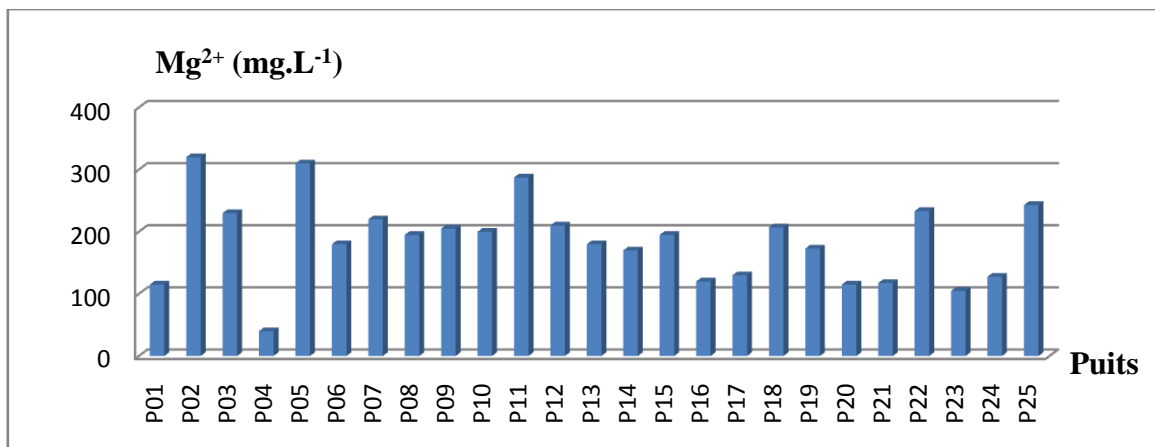


Figure 9: Variation de la teneur en Magnésium dans les eaux de puits des différentes stations

3.1.8. Les chlorures

L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution [19]. Les concentrations en chlorures dans les eaux analysées oscillent entre 35,5 mg.L⁻¹ et 319 mg.L⁻¹ (Fig.10). La valeur maximale (319 mg.L⁻¹) a été enregistrée au niveau du puits P05. Ces valeurs de chlorures sont considérées normales étant donné que la norme algérienne pour les chlorures est fixée à 500 mg.L⁻¹ [14]. D'autre part, Andrews *et al.* [20] ont mentionné que les ions chlorures, à une concentration supérieure à 250 mg.L⁻¹, altère la saveur de l'eau, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau.

3.1.9. Les nitrites

Une teneur d'azote nitreux supérieure à 0,10 mg.L⁻¹ peut faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie de décomposition [12]. Cette teneur ne devrait pas être dépassée dans le cas d'une eau d'origine profonde. Dans notre étude, les nitrites ont été détectés dans les eaux des 25 puits, dont 3 présentent des teneurs supérieures à la normale (0,1 mg.L⁻¹) [14] (Fig.11). La pollution nitrique de ces eaux souterraines étudiées serait due aux déchets des animaux, au fumier ou aux engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricoles avoisinantes aux puits [6,9]. Les valeurs élevées en nitrites au niveau de la région d'étude sont similaires à ceux trouvés en milieu professionnel à Godomey, au Bénin [19].

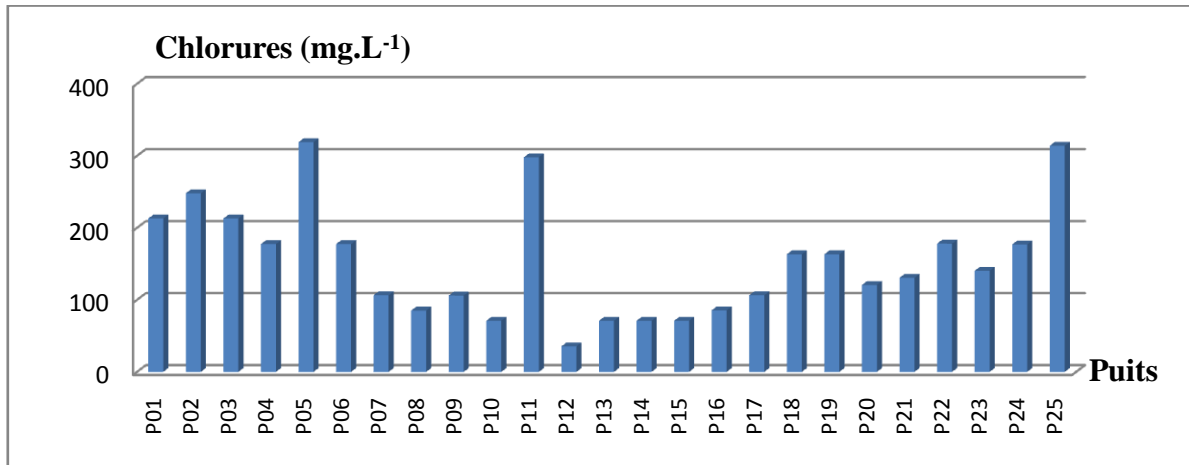


Figure 10 : Variation de la teneur en chlorures dans les eaux de puits des différentes stations

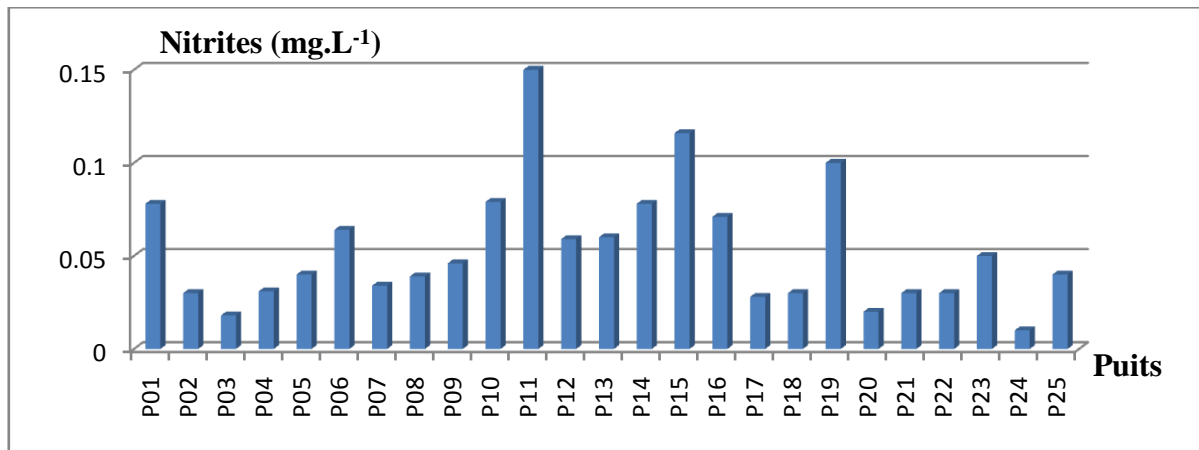


Figure 11 : Variation de la teneur en Nitrites dans les eaux de puits des différentes stations

3.2. Paramètres bactériologiques

3.2.1. Dénombrement des Germes Totaux

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles ou germes totaux est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques tels que la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne par rapport à l'entrée, soit même une absence de bactéries [21]. Les résultats montrent que sur les 25 puits contrôlés, 12 contiennent dans leurs eaux des germes totaux (Fig.12). La concentration de cette flore varie entre 1 UFC.mL⁻¹ et 1200 UFC.mL⁻¹. La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert), la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage des bétails, existence des fosses septiques et des latrines) et l'absence d'un réseau d'assainissement [8].

3.2.2. Dénombrement des Coliformes Totaux

D'après la figure 13, 48% des puits contrôlés renferment des coliformes totaux dans leurs eaux dont les valeurs varient entre 11 UFC.100mL⁻¹ et 11x10² UFC.100mL⁻¹. Ces valeurs sont élevées en comparaison avec les normes de l'OMS (<10 UFC.100ml⁻¹) [22]. Cette contamination peut être causée par les rejets domestiques, par l'existence des puits à proximité des fosses septiques et d'une infiltration d'eau de surface dans les puits. Ces causes rejoignent celles détectées dans l'étude menée par El Haissoufi *et al.* [21] sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc.

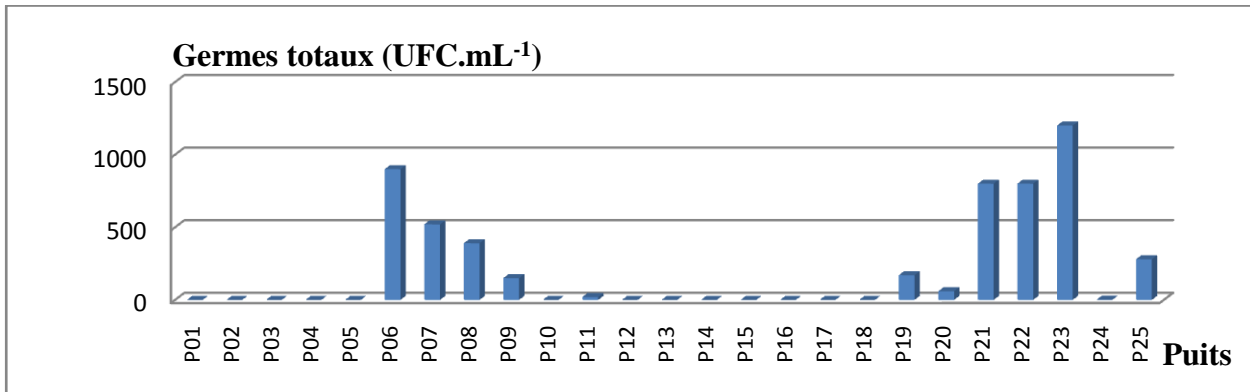


Figure 12 : Variation des Germes totaux dans les eaux de puits des différentes stations

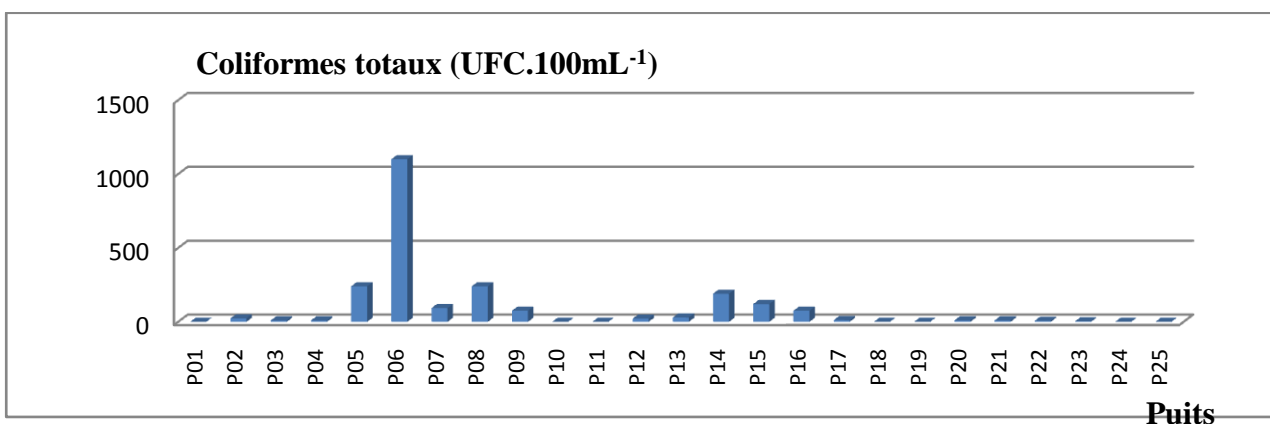


Figure 13 : Variation des Coliformes totaux dans les eaux de puits des différentes stations

3.2.3. Dénombrement des Coliformes Fécaux (*E. coli*)

L'espèce *E. coli* permet de mettre en évidence une pollution d'origine fécale. 68% des puits contrôlés sont dépourvus de ce germe de contamination fécale, alors qu'elle est présente dans les eaux des autres puits avec des nombres variant de 4 UFC.100mL⁻¹ enregistrés dans le puits N° 12 à 93 UFC.100mL⁻¹ dans le puits N° 08 (Fig.14). Ce germe provient exclusivement des intestins d'animaux à sang chaud, y compris les humains et, sa présence est l'indicateur le plus précis de la contamination fécale. D'après les prospections dans les sites des puits contrôlés, cette contamination serait due au fumier, aux fosses septiques, aux latrines et aux déchets de toute nature existants dans les terrains avoisinants les puits. Cette forte concentration en coliformes fécaux (*E. coli*) dans la région d'étude est proche de celle trouvée au niveau d'une nappe en Côte d'Ivoire [4].

3.2.4. Dénombrement des Streptocoques Fécaux

La recherche des Streptocoques Fécaux dans les eaux de puits analysées a montré que 24% en sont contaminées. La concentration de ces germes dans ces eaux varie entre 1 UFC.100mL⁻¹ et 210 UFC.100mL⁻¹ (Fig.15). Ces eaux renfermant des streptocoques fécaux sont donc non potables dans la mesure où les normes locales [14] et françaises [23] exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation. D'après les travaux de Youmbi *et al.* [24], la présence en nombre important de streptocoques fécaux dans les eaux de puits atteste la contamination des eaux par les matières fécales stockées dans les latrines.

3.2.5. Dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont absentes dans 84% des eaux de puits analysées. Dans les 16% des puits restants, l'analyse a révélé la présence de ces germes dans les eaux avec des valeurs allant de 6 UFC.20mL⁻¹ à 2 x10² UFC.20mL⁻¹ (Fig.16) et sont donc considérées comme non conformes aux normes locales [25], qui recommandent un nombre maximal de 5 UFC.20mL⁻¹ d'eau.

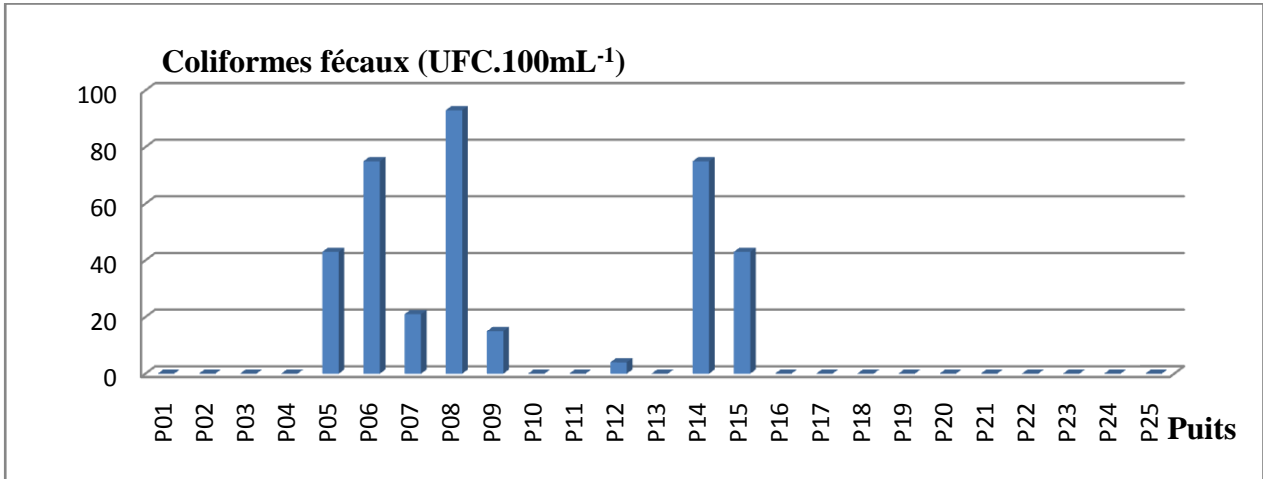


Figure 14: Variation des Coliformes fécaux dans les eaux de puits des différentes stations

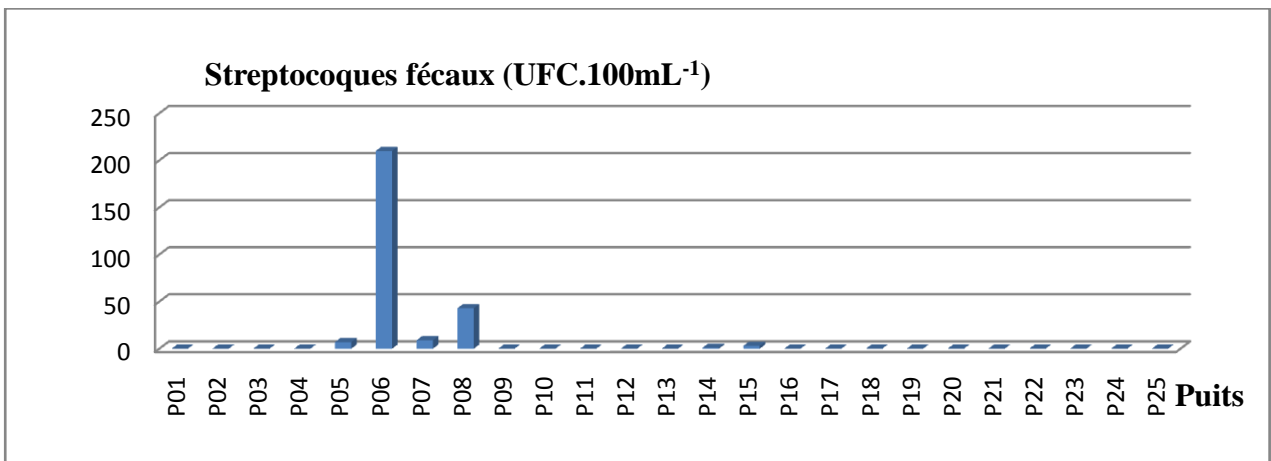


Figure 15 : Variation des Streptocoques fécaux dans les eaux de puits des différentes stations

Selon Guessoum *et al.* [8], la présence des spores des Anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries Coliformes, à une contamination ancienne. Elles sont très persistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits [26].

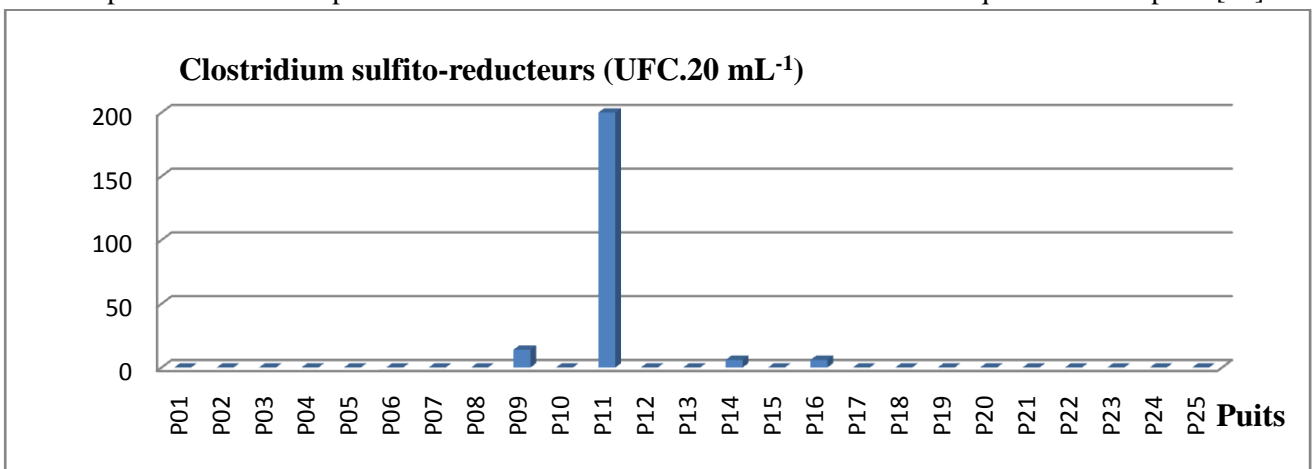


Figure 16 : Variation des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les eaux de puits des différentes stations

Conclusion

La contamination aussi bien chimique que bactériologique des eaux de puits contrôlés est bien présente. Les eaux analysées de beaucoup de puits ont des propriétés physico-chimiques qui ne sont pas conformes aux normes locales et internationales notamment pour les paramètres suivants : la dureté totale, les ions calcium et magnésium, la conductivité et les nitrites, et font qu'elles ne sont pas recommandées pour la consommation humaine. Sur le plan bactériologique, presque 50% des eaux de puits analysées sont souillées par les germes de contamination fécale et ne peuvent donc pas être consommées. Le danger de cette pollution chimique et bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire de la majeure partie de leurs besoins à partir de ces puits. Afin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux, il est recommandé de les traiter à l'échelle familiale par l'utilisation d'hypochlorite, de concevoir et mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées, de bien gérer les ordures ménagères et d'utiliser rationnellement les fertilisants agricoles.

Remerciements- Nos remerciements vont à l'ensemble des techniciens qui ont contribué dans la réalisation de toutes les analyses liées à cette étude.

Références

1. Nouayti N., Khattach D., Hilali M., *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) (2015) 1068-1081.
2. Fakih lanjri A., Brigui J., El Cadi A., Khaddor M., Salmoune F., *Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) (2014) 2230-2235.
3. Boualla N., Saad F.H., *Sci. Lib. Edit. Mersen.* 3 (2011) 1-10.
4. Aka N., Bamba S.B., Soro G., Soro N., *Larhy. Journ.* 16 (2013) 31-52
5. Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro G., Biemi J., *J. Appl. Biosci.* 63 (2013) 4703-4719.
6. Lagnika M., Ibikounle M., Montcho J.C., Wotto V.D., Sakiti N.G., *J. Appl. Biosci.* 79 (2014) 6887 - 6897.
7. Amadou H., Laouali M.S., Manzola A., *Larhy. Journ.* 20 (2014) 25-41.
8. Guessoum H., Benbrahim F., Halilat M.T., Laouar F., Bensalama M., Darem S., *Inter. Journ. Environ. Water.* 3 (2014) 35-43.
9. Degbey C., Makoutode M., Fayomi B., Brouwer C., *J. Int. Santé. Trav.* 1(2010) 15-22.
10. Remini B., 2010, *Larhy. Journ.*, (8) (2010) 27-46.
11. National Health Foundation, 4. Ed. Brasilia :Funasa, (2013)18-20.
12. Rodier J., Legube B., Merlet N., Ed. Dunod.(2009) 78- 1368.
13. Google Earth, (2015).
14. Normes algériennes, *Journ. Offi. Repu. Algeri.* 125(2011) 7-25.
15. Belghiti. L, Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., *Sci. Lib. Edit. Mersen.* 5 (2013) 2-17.
16. Bremaude C., Claisse J.R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E., Ed. Educagri. (2006) 220-221.
17. Queneau P., Et Hubert J., *So. Fr. De L'hydrol. Et Climato. Médic.* (2009) 175-220.
18. Bouchelaghem S., Benzara S., Meradi W., Rezkallah S., *Inter. Journ. of Innova.Sci. Resea.*3(1)(2014)71-74.
19. Chaker H.K., Slimani A., *Th. Master, Livest. Res. Rural. Develop.*26 (2) (2014).
20. Andrews B.F., Campbell D.R., Thomas P., *Lancet.* 2 (2009) 64-79.
21. El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Oualilalami A., *Microbiol. Ind. San. Environn.* 5 (1) (2011) 37-68.
22. OMS., 1 (1994) 202.
23. AFNOR, (1997) 656.
24. Youmbi J.G.T., Feumba R., Njitat V.T., Marsily G., Ekodeck G.E., *Elsevier. Masson SAS.* (2013) 310-316.
25. Normes algériennes, Ed. Ianor. (1992) 5-7.
26. Travel A., *Reus. Avicul.* 121 (2006) 21-23.

(2016) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>