

Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux naturelles de la région de Fès (Maroc) et risque sanitaire lié à leur consommation

[Evaluation of physico-chemical and bacteriological quality of natural waters in the Fez region (Morocco) and health risk associated with their consumption]

Rida HAJJI HOUR¹, Bouchra SALAME², and Mohammed EL HASSOUNI¹

¹Equipe de biotechnologie microbienne, Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

²Laboratoire de Biotechnologie et Préservation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Because of the shortage of drinking water in some parts of Morocco, people are resorting to the consumption of natural waters. In the majority of cases, those waters pose potential health risks, because few studies focus on their quality. In this regard, our study consists to evaluate physicochemical and bacteriological quality of both types of natural waters used for food by people. A well's water in the region of Ain Chgague, and source's water of Sid Bettare, both located near the Fez city. According to standardized norms, we evaluated the physico-chemical and bacteriological quality of those waters. The physico-chemical quality of those waters is studied by measuring temperature, pH, dissolved oxygen, nitrate, ammonium and total phosphorus. As for the bacteriological quality, is evaluated by counting the revivable germs at 37 °C, total coliforms, fecal coliforms, intestinal enterococci, and sulfite-reducing anaerobes. The results obtained show a difference of parameter values analyzed in water to another. For the physicochemical study, all parameters are conforming to standards. While, the majority of bacteriological parameters studied, far exceed the drinking water quality standards. Indicating a microbial pollution, that represents an alarming health risk for consumers of these waters.

KEYWORDS: well water, source water, physicochemical quality, bacterial contamination, health risk.

RESUME: A cause de la pénurie de l'eau potable dans certaines régions du Maroc, les habitants font recours à la consommation des eaux naturelles. Dans la majorité des cas, ces eaux représentent des risques sanitaires potentiels, car peu d'études qui sont s'intéressées à leur qualité. A cet égard, notre étude consiste à l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de deux types d'eaux naturelles destinées à l'alimentation des habitants, une eau de puits localisée dans la région d'Ain Chgague et une eau de source de Sid Bettare, situées toutes les deux près de la ville de Fès. Selon des normes standardisées, nous avons évalué la qualité physicochimique et bactériologique de ces eaux. La qualité physicochimique de ces eaux, est étudiée par mesure de température, pH, oxygène dissous, nitrates, ammonium et phosphore total. Quant à la qualité bactériologique, est évaluée par le dénombrement des germes revivifiables à 37°C, coliformes totaux, coliformes fécaux, entérocoques intestinaux et bactéries anaérobies sulfite-réductrices. Les résultats obtenus montrent une différence des valeurs des paramètres analysés d'une eau à une autre. Pour l'étude physicochimique, tous les paramètres répondent aux valeurs limites fixées par les normes en vigueur. Tandis que, la majorité des paramètres bactériologiques dépassent largement les normes de potabilité de l'eau. Indiquant une pollution d'origine microbienne, ce qui représente, donc, un risque sanitaire alarmant pour les consommateurs de ces eaux.

MOTS-CLEFS: Eau de puits, eau de source, qualité physicochimique, contamination bactérienne, risque sanitaire.

1 INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel pour les êtres vivants, et en particulier pour l'Homme [1]. Depuis très longtemps, la qualité de l'eau d'alimentation présente une préoccupation majeure de santé, en particulier dans les pays en développement [2]. Environ 250 millions d'infections annuelles, qui se traduisent par 10 à 20 millions de décès dans le monde entier, sont d'origine hydrique [3]. Selon l'estimation de l'OMS, environ 1,1 milliard de personnes boivent globalement l'eau insalubre et la grande majorité (88%) des maladies diarrhéiques signalées à travers le monde est attribuable à l'eau insalubre, et le manque d'assainissement et d'hygiène [4]. Ce qui se termine par la mort de millions de personnes dans les pays en développement chaque année. Où la diarrhée est la principale cause de la mort de plus de 2 millions de personnes par le monde entier chaque année, dont la majorité sont des enfants âgés de moins de 5 ans [4].

Au Maroc, l'utilisation de l'eau des puits non protégés et la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, favorise la propagation des maladies à transmission oro-fécales et peut causer des maladies graves telles que les gastro-entérites et la typhoïde [5]. La région de Fès est caractérisée par l'abondance des puits et de source d'eaux. Ils représentent pour presque la totalité de la population des zones rurales et une grande partie de la population des zones périphériques démunies, une importante source d'approvisionnement en eau, comme eau de boisson et/ou pour des activités domestiques. Cependant ces eaux sont exposées à des risques de contamination par des polluants chimiques et microbiologiques, d'origine naturelle et anthropique [6].

Le Ministère de la santé marocaine a déclaré que le nombre de cas de typhoïde confirmé et signalé dans la préfecture de Fès sont respectivement 58 ; 69 et 69, en 2006 ; en 2007 et en 2008 [7 ; 8 ; 9]. Ces données alarmantes, nous a poussé à publier les résultats de ce travail réalisé en 2007, dans l'objectif de coordonner les travaux et apporter d'éléments de réponse à cette problématique grandissante. En effet dans cette étude on s'est intéressé à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits située dans une région rurale de Ain Chgague près de la ville de Fès et les eaux de source de Sid Bettare, située dans la zone urbaine de la même ville. Ces eaux sont consommées par les populations avoisinantes.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE

Dans ce présent travail, on s'est intéressé à l'étude de la qualité de deux types d'eaux (puits et source) dans la région de Fès. Le choix de ces eaux a été fixé à la lumière d'une enquête préliminaire. La fréquence d'utilisation par la population, ainsi que l'éloignement géographique entre les points d'étude, sont les critères qui nous ont guidés dans ce choix. Où, nous avons pris comme échantillon une eau de puits qui se trouve dans le village d'Ain Chgague, environ 23 km de la ville de Fès. Cette eau est utilisée pour l'alimentation humaine et l'irrigation. Quant à l'eau de la source, nous avons pris comme échantillon, l'eau de la source Sid Bettare qui se trouve dans la région de Ben Souda à Fès. L'eau de cette source est utilisée pour l'alimentation par certaines personnes.

L'échantillonnage a été réalisé durant la période printanière de l'année 2007, selon les recommandations de Rodier [10]. Les échantillons d'eaux destinés aux analyses bactériologiques ont été prélevés selon la même fréquence que ceux des paramètres physico-chimiques, ont été recueillis aseptiquement dans des flacons stériles de 500 ml, selon les normes de Rodier [10], transportés au laboratoire dans une enceinte isotherme à 4°C et analysés dans les huit heures qui suivent le prélèvement. Le reste des flacons des échantillons est stocké pour faire les analyses physico chimiques avant 24 heures, comme il est recommandé par Rodier [10].

2.2 ETUDE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE

Afin de bien appréhender la qualité physicochimique des eaux étudiées nous avons analysé certains paramètres tels que : la température, mesurée *in situ*, à l'aide d'un thermomètre gradué de 0-100°C. Le pH, l'oxygène dissous, les nitrates, l'ammonium et le phosphore total, sont dosés au laboratoire selon les protocoles standardisés de Rodier [10].

2.3 ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

L'étude bactériologique est portée essentiellement sur le dénombrement des germes revivifiables à 37°C, coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), entérocoques intestinaux (EI) et les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR). La quantification de ces germes a été effectuée selon les normes marocaines indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1. Méthodes d'analyse bactériologiques des eaux de puits et de source selon les normes marocaines

Germes dénombrés	Méthode d'analyse	Normes
Germes revivifiables à 37°C	Ensemencement en profondeur d'1 ml d'eau sur la gélose nutritive	NM 03.7.005 (ISO 6222)
Coliformes Totaux et coliformes fécaux	Filtration de 100 ml d'eau et culture sur Tergitol - 7-agar	NM 03.7.003 (ISO 9308-1)
Entérocoques intestinaux	Filtration de 100 ml et culture sur milieu Slanetz et Bartely	NM 03.7.006 (ISO 7899-2)
Bactéries anaérobies sulfito-réductrices	Filtration de 50 ml d'eau ; la membrane est placée dans une boîte de pétri la face supérieure tournée vers le bas, sur laquelle une couche du milieu SPS préalablement refroidi à environ 50 °C est versée	NM 03.7.004 (ISO 6461-2)

3 RESULTATS

3.1 ETUDE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE

Les résultats d'analyses physicochimiques des eaux étudiées, ainsi que les valeurs limites de la qualité de ces paramètres selon la norme marocaine 03-07-001 sont illustrés dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultats des analyses physicochimiques des eaux du puits et de la source étudiés et les Valeurs Maximales Admissibles (VMA) selon la norme marocaine 03.07.001(2006)

Paramètres	Eau de puits	Eau de source	VMA (N.M 03.07.001)
Température (°C)	17	18	-
pH	6,62	7,15	6,5<pH<8,5
Oxygène dissous (mg/l)	3,36	7,2	5< O ₂ <8
Nitrates (mg/l)	10,43	3,26	50
Ammonium (mg/l)	0,00064	0	0,5
Phosphore total (mg/l)	0,084	0,034	0,3

Les résultats de cette étude physicochimique montrent que les eaux analysées présentent des valeurs de température presque similaire et sont de l'ordre de 17°C et 18°C respectivement dans les eaux du puits et de la source. Pour le pH, les deux types d'eaux possèdent des valeurs admissibles par la norme marocaine en vigueur (tableau 2). Concernant l'oxygène dissous, les eaux du puits renferment des teneurs légèrement inférieures à la valeur minimale admise par la norme marocaine de la potabilité de l'eau. Contrairement aux eaux de la source dont la teneur de cet élément réponde à cette norme et présente une concentration comprise entre 5 et 8 mg/l. Généralement, les concentrations des ions nitrates dans les eaux du puits et de la source sont inférieures aux valeurs limites fixées par la norme marocaine 03.07.001. Ces concentrations se diffèrent d'une eau à une autre, où 10,43 mg/l est enregistrée dans les eaux du puits et 3,26 mg/l mesurée dans les eaux de la source (tableau 2). Aussi, la concentration de l'ammonium (NH₄⁺) dans les eaux étudiées est largement inférieure à la valeur maximale admise fixée par la norme (0,5 mg/l). De même, pour le phosphore total, où les concentrations obtenues sont largement inférieures à la valeur maximale fixée par la norme en vigueur.

3.2 ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Sur le plan bactériologique, les résultats obtenus révèlent que les eaux étudiées sont contaminées par la plupart des bactéries recherchées, avec des différences des charges microbiennes entre ces eaux (tableau 3). Pour les germes revivifiables à 37°C, les eaux de la source sont les plus chargées par ces bactéries avec une teneur de 20 UFC/ml, qui est égale à la valeur maximale admise par la norme marocaine de la potabilité de l'eau. En revanche, les taux assez importants des bactéries indicatrices de la pollution fécale sont enregistrés dans les eaux du puits. Où les valeurs sont de l'ordre de $1,5 \cdot 10^4$ UFC/100ml pour les coliformes totaux ; de $1,3 \cdot 10^3$ UFC/100ml pour les coliformes fécaux et de $3 \cdot 10^3$ UFC/100ml pour les entérocoques intestinaux (tableau 3). Alors que les deux types d'eaux étudiées sont exempts des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).

Tableau 3. Résultats des analyses bactériologiques des eaux du puits et de la source étudiées et les Valeurs Maximales Admissibles (VMA) selon la norme marocaine 03.07.001(2006)

Germes dénombrés	Eau de puits	Eau de source	VMA (NM 03.07.001)
Germes revivifiables à 37°C (UFC/ml)	9	20	20
Coliformes totaux (UFC/100ml)	$1,5 \cdot 10^4$	10^4	0
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	$1,3 \cdot 10^3$	80	0
Entérocoques intestinaux (UFC/100ml)	$3 \cdot 10^3$	0	0
Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (UFC/100ml)	0	0	0

4 DISCUSSIONS

Les résultats de notre étude fournissent une première description de l'état de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux d'un puits situé dans une région rurale (Ain chgague) et des eaux d'une source située dans une région urbaine de la ville de Fès au centre Nord du Maroc. D'après ces résultats, il apparaît clairement que les eaux analysées ont une température très rapprochée et acceptable pour ce type d'eau. La légère différence constatée entre les pH des eaux étudiées pourrait être expliquée par la différence de la nature géologique des terrains traversés par ces eaux. Car le pH des eaux naturelles dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat traversé par ces eaux [11].

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques [12]. Il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. C'est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état des eaux naturelles. En général, les valeurs faibles de l'oxygène dissous favorisent le développement des germes pathogènes [13]. Contrairement aux eaux de la source, les eaux du puit ne répondent pas à la norme de concentration des eaux de consommation en oxygène dissous. La faible teneur mesurée dans les eaux du puits étudiées pourrait être expliquée par la profondeur et la diminution de la surface d'échange de ces eaux avec l'air. Car, la présence de l'oxygène dissous dans les eaux naturelles est déterminée entre autres, par les échanges air-eau.

Généralement, les eaux étudiées ont des faibles concentrations en ions nitrates et ammonium et sont largement inférieures aux normes admises pour les eaux de consommation humaine qui sont de 50 mg/l pour les nitrates et 0,5 mg/l pour l'ammonium [14 ; 15]. D'une façon globale, les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels [16]. Cela expliquerait la teneur élevée des nitrates dans les eaux du puit situé dans une région rurale à activité agricole dominante. Les concentrations de l'ammonium dans ces eaux sont minimales. Elles sont inférieures à 0,2 mg/l, confirmant ainsi les travaux de [17], citant que les concentrations naturelles d'ammonium dans les eaux souterraines et de surface sont généralement inférieures à 0,2 mg/l.

Il apparaît clairement que les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par le phosphore total, car la concentration de cet élément chimique dans ces eaux est largement inférieure à la valeur maximale admise fixée par la norme de la potabilité de l'eau.

D'une manière globale, les résultats de l'analyse physico-chimique obtenus lors de cette étude peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucune incidence sur la qualité physico-chimique de ces eaux.

Les résultats de l'étude bactériologique permettent de mettre en évidence la non-conformité des eaux analysées aux normes de la potabilité de l'eau. Ces derniers exigent l'absence totale des germes indicateurs de la contamination fécale dans

les eaux destinées à l'alimentation humaine. Les eaux du puits et de la source étudiées présentent une contamination importante par les coliformes totaux et les coliformes fécaux. L'existence de ces micro-organismes dans l'eau traduit d'une part, une pollution fécale d'origine anthropique et constitue d'autre part, un indicateur d'une présence potentielle de microorganismes entéro-pathogènes [18 ; 19].

Les entérocoques intestinaux, bactéries également indicatrices d'une contamination fécale, sont absents dans les eaux de source, alors qu'elles sont présentes dans les eaux de puits avec une charge de $3 \cdot 10^3$ UFC/100ml. Selon [20] la détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine ou dans des puits soupçonne sérieusement une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéro-pathogènes. La présence de ces bactéries dans l'eau constitue un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint (3 à 10 bactéries/100 ml) [18]. Quant à [21] suggère de ne pas consommer une eau naturelle dans laquelle des entérocoques ont été identifiés. Ce qui reflète le risque sanitaire que représente la consommation de ces eaux.

En effet l'utilisation des déchets animaux comme fertilisants dans les activités agricoles, ainsi que la répartition des fosses septiques dans la région rurale où se trouve le puits étudié, expliquerait, sans doute, la charge plus élevée des CT, CF, EI dans les eaux du puits par rapport aux eaux de la source.

On note une absence des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) dans les échantillons d'eaux étudiées.

5 CONCLUSION

Les résultats de l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de la source situées dans la région de Fès montrent que la majorité des paramètres analysés sont conformes à la norme marocaine relative à la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine (03.07.001). Sauf exception, dans les eaux de puits les teneurs de l'oxygène dissous sont inférieures à la valeur minimale admise par la norme en vigueur. Cette diminution serait principalement due à la profondeur de ce puits ainsi que la nature des terrains géologiques traversés.

Du point de vue bactériologique, les eaux étudiées présentent des taux très élevés en germes indicateurs de la contamination fécale. Avec une différence d'un point à un autre. Ceci constitue, sans doute, une menace sanitaire et des risques de maladies à transport hydrique pour les consommateurs de ces eaux.

Pour les eaux de puits, leur situation géographique dans une région rurale, où il y a des fosses septiques et des activités agricoles intenses, pourraient expliquer leur forte charge bactérienne que les eaux de la source. Notre étude prouve, donc, que les eaux étudiées sont vulnérables à la pollution d'origine anthropique.

Cette étude révèle aussi, la nécessité de la sensibilisation des populations avoisinantes par ces risques bactériologiques menaçants. La désinfection de ces eaux, par eau de javel ou ébullition, avant leurs consommations s'avèrent nécessaires pour éviter tout risque sanitaire lié à leur consommation. L'application des normes de protection des puits et des sources, tels que leur aménagement et le respect de la distance minimale de quinze mètres qui les éloigne aux latrines, avec des contrôles de qualité permanents sont nécessaires.

REFERENCES

- [1] R. Hajji Hour, J. Anissi, and M. El Hassouni, Rapid assessment of bacteria and Escherichia coli in different water's sources. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 16 No. 4 Jun. 2016, pp. 697-703. 2016.
- [2] M. Yasin, K. Tsige and K. Bacha. Physico-chemical and bacteriological quality of drinking water of different sources, Jimma zone, Southwest Ethiopia. *BMC Research Notes* 8:54. 2015.
- [3] M. Zamxaka, AG. Pironchev, NYO. Muyima. Microbiological and physicochemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province, South Africa. *Water SA*.30:33–340. 2004
- [4] WHO. The World Health Report. Switzerland: World Health Organization; 2002.
- [5] A. Aitmelloul, O. Amahmid, L. Hassaniet K. Bouhoum. Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco) *International Journal of Environment al Health Research* 12: 17– 23. 2002.
- [6] Aka N, Bamba SB, Soro G, Soro N, 2013. Étude hydro chimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire) *Larhyss Journal*, n°16, pp. 31-52.
- [7] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2006.
- [8] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2007.

- [9] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2007.
- [10] J. Rodier, C. Baszin, J.P. Broutin, P. Chambon, H. Champsaur, et L. Rodi, Analyse physico-chimique des eaux naturelles. Analyse microbiologique des eaux In : Quilbé J.M (eds.), Analyse de l'eau: 'eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer'. Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation de résultats. 8^{ème} édition. Dunod, Paris. 149,194, 189, 203, 205,752-753. 1996.
- [11] Bermond et Vuichard. Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p. 1973.
- [12] Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settât (Maroc), 242p. 2007.
- [13] M.L. Belghiti, A. Chahlaoui, D. Bengoumi, R. El Moustaine. Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss/Journal n° 14, Juin 2013. pp. 21-36. 2013.
- [14] Norme Marocaine 03.07.001. Qualité des eaux d'alimentation humaine. 2006.
- [15] OMS. Directives de qualité pour les eaux de boisson. Volume1-Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2^e édition. 1994.
- [16] Samake H. Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p. 2002.
- [17] O.B. Yapo, M. Véronique, A. Seka. M.J.A. Ohou, F. Konan, V. Gouzile, A.S.Tidou, K.V. Kouame et P. 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. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4 (2): 289-307. 2010.
- [18] D. Zmirou, J.P. Ferley, JF. Collin, M. Charrel et J. Berlin. A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American journal of public health, 77:582-584. 1987.
- [19] C. Boutin. L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. Sciences de l'eau, 6(3) : 357-365. 1993.
- [20] Simmons G., V., Hope, G., Lewis, J., Whitmore et W., Gao, (2001). Contamination of potableroof-collected rain water in unckland, New Zealand. Water Research, 35:1518-1524.
- [21] SC. Edberg, EW. Rice, RJ. Karlinet MJ. Allen, *Escherchia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied microbiology, 88: 106S-116S. 2000.