



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DES SOURCES DANS LA VILLE D'ELHAJEB (REGION DE MEKNES-MAROC)

BELGHITI L.¹, CHAHLAOUI A.¹, EL MOUSTAINE R.¹, BENGLOUMI D.^{1, 2}

¹Equipe Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Laboratoire de L'Environnement et Santé. Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.

²Cabinet Vétérinaire D. Bengoumi, Appt : 2 et 3- Imm. 481-Rue 42- Hay Al Amane III- Meknès.

belghitilafdil@yahoo.fr

RESUME

Dans la ville d'Elhajeb, les eaux des sources représentent une source importante d'approvisionnement en eau potable pour la population locale, passagère et pour la production agricole. En vue d'apprécier le degré de la pollution bactériologique de ces eaux, nous avons choisit sept stations situées au niveau du centre ville d'Elhajeb. Les prélèvements ont été effectués durant la saison humide en 2010. Les méthodes d'analyses microbiologiques se referaient aux techniques d'évaluation de la qualité de l'eau décrite par Rodier (1978, 2009) et aux recommandations de l'O.M.S (2004). Les résultats obtenus montrent que les stations étudiées présentent des concentrations faibles en germes de contamination fécale au bout de chaque source de l'eau. Par contre, nous avons remarqué l'augmentation des germes de contamination fécale après la sortie des sources. L'interprétation des données d'analyse et la corrélation existante entre les variables microbiologiques sont réalisées en utilisant l'Analyse en Composantes Principales et l'analyse par la Classification Ascendante Hiérarchique.

Mots clés : ville d'Elhajeb, eaux des sources, Qualité bactériologie.

ABSTRACT

In the city of Elhajeb, waters of springs are an important source of drinking water for the local population, temporary and for the agricultural production. To appreciate the degree of the bacteriological pollution of these waters, we have chosen seven stations situated at the level of the city center of Elhajeb. The takings were made during the wet season in 2010. The microbiological methods of analysis would recover to the techniques of evaluation of the quality of the water described by Rodier (on 1978, 2009) and in the recommendations of the WHO (2004). The obtained results show that the studied stations have low concentrations in germs of fecal contamination at the end of every spring of the water. On the other hand, we noticed the increase of the germs of fecal contamination after the release of springs. The interpretation of the data of analysis and the correlation between the microbiological variables are realized by using the Analysis in Main Components and the analysis by the Hierarchical Ascending Classification.

Keywords: city of Elhajeb, waters of springs, Quality bacteriology.

INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socio-économique réel et durable d'un pays, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes surtout les informations concernant:

- La vulnérabilité des ressources à un éventuel facteur,
- Les mesures nécessaires pour développer, gérer et protéger les ressources.

Au Maroc, les ressources en eau sont limitées et caractérisées par une importante variabilité spatio-temporelle (Meme, 2012), le climat est fortement contrasté avec un régime pluviométrique dominé par une forte irrégularité des précipitations dans l'espace et dans le temps suite aux changements climatiques. Le Maroc dispose, selon le niveau de connaissance actuel, d'un potentiel en ressources en eau naturelle, estimé en année moyenne à près de 20 653 millions de m³: 17 881 Mm³ d'eau de surface et 2 772 Mm³ d'eau souterraine naturelle renouvelable (Non compris les retours d'eau d'irrigation et les drainages par les sources et les oueds, déjà comptabilisés dans les eaux de surface), soit une dotation moyenne par habitant de près de 691 m³/an (Matee, 2007). Sur le plan hydrogéologique, il existe deux principales formations aquifères dans la région d'étude: les calcaires et les calcaires dolomitiques liasiques et les calcaires lacustres et sables fauves Plio-quatérnaires (Essahlaoui, 2000). La pollution de l'eau due à des micro-organismes d'origine fécale est apparue très tôt dès que

L'eau a été utilisée comme vecteur de l'élimination des déchets (George et Seravis, 2002). Les indicateurs microbiologiques sont considérés parmi les paramètres les plus importants pour les eaux à usage domestique. Ils correspondent à des germes pathogènes qui proviennent du rejet des eaux usées domestiques ou industrielles directement dans les cours d'eau et /ou des lessivages des sols (Wheal, 1991). La ville d'Elhajeb objet de notre travail de recherche est une zone à vocation de grande culture et élevage, elle joue un rôle socio-économique assez important dans la région de Meknès. Les eaux des sources naturelles ont toujours été une source importante d'approvisionnement en eau potable pour les populations locales, pour l'abreuvement des animaux et pour l'irrigation. Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité bactériologique des eaux des sources au centre ville d'Elhajeb.

MATERIEL ET METHODES

Région d'étude

La zone étudiée fait partie d'un ensemble plus vaste, le Saïs de Meknès-Fès (figure 1), qui s'étend sur environ 100 Km d'ouest en est et sur 30 à 40 Km du nord au sud et à une altitude qui varie de 1000m au niveau d'Elhajeb à 550m au niveau de la ville de Meknès. Ses coordonnées géographiques Lambert sont comprises entre : $465 < X < 545$ km et $335 < Y < 385$ km, totalisant une superficie d'environ 2100 km². Le plateau de Meknès se trouve ainsi limité par : l'oued Sebou à l'Est, l'oued Beht à l'Ouest, les rides préifaines au Nord et la limite Nord du Causse moyen-atlasique au Sud (ABHS., 2005)

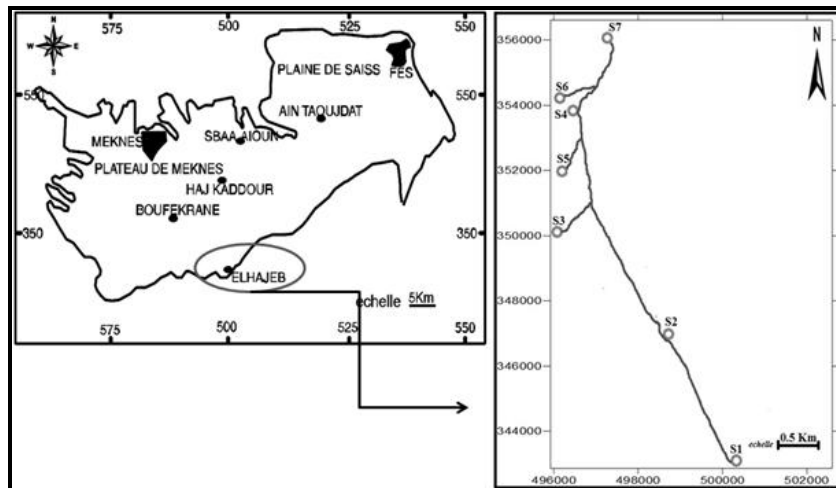


Figure 1: Situation géographique des stations sur la zone étudiée

Echantillonnage

Nous avons choisi des stations représentatives de la population locale au centre ville d'Elhajeb. La répartition des sources dans la ville a été également retenue afin d'avoir une image d'ensemble des sources d'eau. Nous avons effectué au total sept prélèvements pour l'analyse bactériologique répartis comme suit (Figure1): 4 prélèvements effectués directement dans la sortie des sources (S1, S3, S5 et S6) et 3 prélèvements effectués après la sortie des sources (S2, S4 et S7).

Prélèvements

Les prélèvements d'eau ont été effectués dans chaque station. En premier lieu les échantillons ont été mis dans des flacons en verre de 1000 ml préalablement stérilisés et ont été destinée à l'analyse bactériologique.

Analyses microbiologiques

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche des germes indicateurs de pollution suivants :

- Flore mésophile aérobie totale /ml : dénombrement par incorporation sur gélose Plate Count Agar (PCA) 24h à 37°C.
- Coliformes totaux /100ml : dénombrement par filtration sur membrane (0,45µm) sur gélose tergitol au TTC 7 Agar 24h à 37°C.
- Coliformes fécaux/100ml : dénombrement par filtration sur membrane (0,45µm) sur gélose tergitol au TTC 7 Agar 24h à 44°C.
- Streptocoques fécaux/100ml : dénombrement par filtration sur membrane (0,45µm) sur gélose Slanetz et bartly 24 h – 48h à 37°C.
- ASR /20ml : dénombrement par incorporation sur gélose SPS 24 h à 37°C.
- Pseudomonas aeruginosa /100ml : dénombrement par filtration sur membrane (0.45µm) sur milieu cétrimide 24 h à 42°C.

Traitement statistiques des données

Nous avons appliqué dans ce travail les méthodes statistiques et en particulier, analyse en composante principale (ACP) et l'analyse par la classification Ascendante Hiérarchique (CAH), ces méthodes permettent de rechercher d'éventuelles relations et corrélations entre Les paramètres bactériologiques.

RESULTAS ET DISCUSSION

L'appréciation de la qualité bactériologique de l'eau des sources dans la ville d'Elhajeb a été suivie par le biais de l'analyse de l'eau récoltées au niveau de

sept stations durant la saison humide en 2010. Les résultats obtenus sont représentés sur les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7. La concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) pour toutes les stations durant la période d'étude est de 2,04 $\log_{10}/100\text{ml}$. La valeur moyenne minimale de 1,49 $\log_{10}/100\text{ml}$ est enregistrée au niveau de la station S1. Alors que la valeur moyenne maximale est de l'ordre de 2,95 $\log_{10}/100\text{ml}$ au niveau de la station S7 (figure 2).

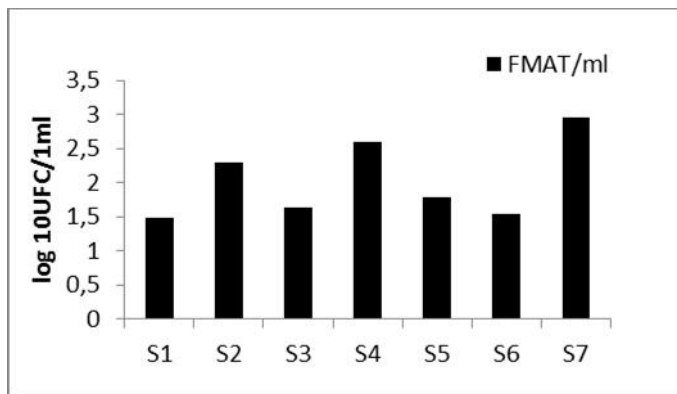


Figure 2 : évolution de la flore mésophile aérobie totale au niveau des stations de prélèvements.

En ce qui concerne les coliformes totaux (CT), la concentration moyenne est de l'ordre de 1,97 $\log_{10}/100\text{ml}$. La concentration maximale est enregistrée au niveau de la station S7 (2,90 $\log_{10}/100\text{ml}$) (figure 3).

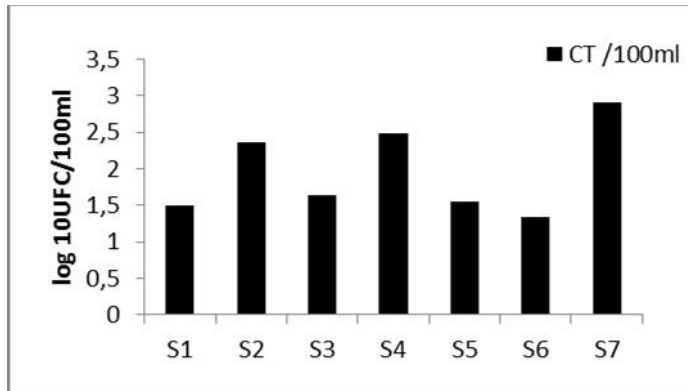


Figure 3: évolution des coliformes totaux au niveau des stations de prélèvements.

La numération des coliformes fécaux (CF) montre que les eaux des sources au niveau de la région d'étude renferment une concentration moyenne de l'ordre

1,30 $\log_{10}/100$ ml. La concentration maximale en coliforme fécaux est enregistrée au niveau de la station S7 (2,84 $\log_{10}/100\text{ml}$) (figure 4). Quant aux streptocoques fécaux (SF), nous avons noté que la concentration moyenne en streptocoques fécaux dans les stations étudiées est de l'ordre de 1,09 $\log_{10}/100\text{ml}$, avec une valeur maximale enregistrée au niveau de la station S7 (2,04 $\log_{10}/100\text{ml}$) et une valeur minimale enregistrée au niveau de la station S1 (0,30 $\log_{10}/100\text{ml}$) (figure 5).

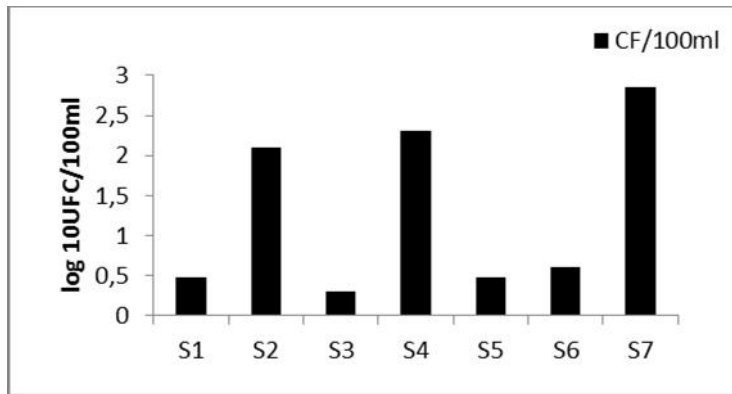


Figure 4: évolution des coliformes fécaux au niveau des stations de prélèvements.

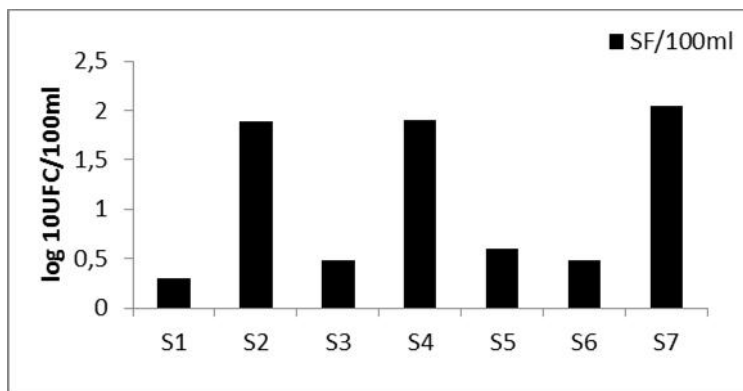


Figure 5 : évolution des Streptocoques fécaux au niveau des stations de prélèvements.

En ce qui concerne les *Pseudomonas aeruginosa*, la concentration moyenne est de l'ordre 0,85 $\log_{10}/100\text{ml}$. Tandis que la concentration maximale est enregistré au niveau de la station S7 (2,60 $\log_{10}/100\text{ml}$). La forte contamination des stations S2, S4 et S7 par les *Pseudomonas aeruginosa* pourrait être expliquée par les actions anthropiques (figure 6). Quant aux Anaérobies sulfite-réducteurs, le nombre varie de 0 à 30 UFC/20mL. La concentration maximale

est enregistrée au niveau de la station S7 (30UFC/20ml) et les concentrations minimales enregistrées au niveau des stations (S1, S3, S5 et S6) (figure 7). 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 déjà ancienne (OMS, 1994). Elles sont très résistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (Travel et al., 2006).

Dans la zone d'étude nous avons remarqué que les dynamiques d'abondance des populations bactériennes étudiées augmentent légèrement au fur et à mesure qu'on descend en aval de la région d'étude. Selon les résultats obtenus de l'ensemble des paramètres bactériologiques, les eaux des sources montrent une variation spatiale de qualité. La qualité reste bonne à moyenne dans les stations S1, S3, S5 et S6, les stations S2, S4 et S7 par contre montrent une qualité mauvaise. Les concentrations élevées en germes microbiens observés au niveau des stations S2, S4 et S6 dans cette étude dépassent largement les normes internationales ; OMS (2000), européennes et français et même les normes Marocaines (Ministère de l'Environnement, 2002). Les résultats obtenus au niveau des stations S2, S4 et S6 confirment la présence d'une source importante de pollution qui pourrait être d'origine anthropique.

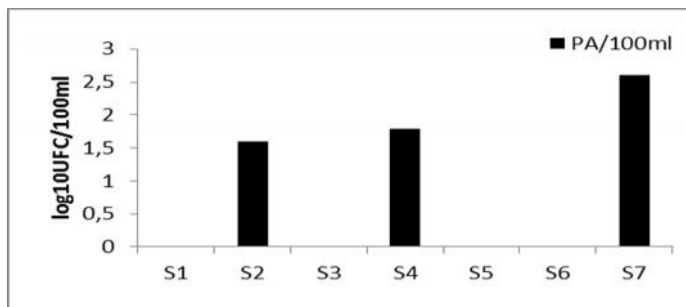


Figure 6 : évolution des *Pseudomonas aeruginosa* au niveau des stations de prélèvements.

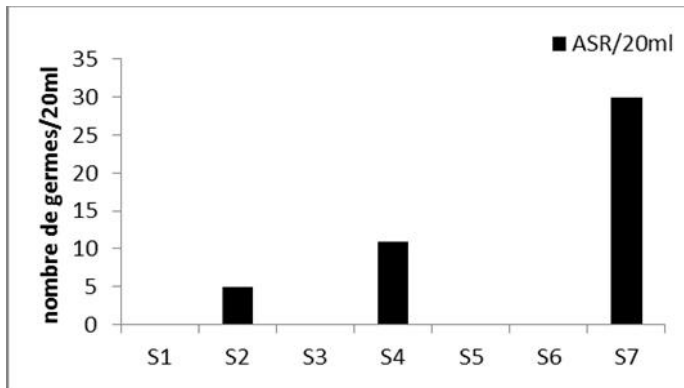


Figure 7 : évolution des Anaérobies sulfito-réducteurs au niveau des stations de prélèvements.

Application des méthodes d'analyses statistiques

L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 99 % de la variance totale sont exprimés (on a donc une bonne qualité de représentation), l'axe F1 permet d'expliquer 95,49% de la variance totale et l'axe F2 permet d'expliquer 4,20% de la variance totale (Figure 8). L'analyse en Composantes principales réalisée sur une matrice de données composées de sept lignes représentant les stations étudiées et six colonnes représentant les paramètres bactériologiques (Figure 8) a montré que la Flore mésophile aérobie totale, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Anaérobies sulfito-réducteurs et *Pseudomonas aeruginosa* sont corrélés négativement avec l'axe F1 qui cumule 95,49 % de l'inertie et les Streptocoques fécaux sont corrélés négativement avec l'axe F2 qui cumule 4,20% de l'inertie. Les points sont très proches du cercle ce qui signifie que les variables sont très bien représentées.

La projection des individus sur le plan factoriel F1 et F2 a permis de distinguer 3 groupes différents (figure 9) :

- groupe 1: rassemble les stations S1, S3, S5 et S6, qui présentent des eaux moins polluées en germe indicateurs de pollution bactériologique,
- groupe 2 : il réunit les deux stations S2 et S4 qui présentent des concentrations élevées en germe indicateur de pollution bactériologique,
- groupe 3 : il ne contient que la station S7, qui présente également une eau de mauvaise qualité bactériologique, mais relativement plus contaminé avec les Anaérobies sulfito-réducteurs par comparaison avec les autres stations.

A la lumière des résultats bactériologiques obtenus dans stations étudiées, nous pouvons conclure que la contamination des stations étudiées est presque générale, mais nous avons remarqué que les stations S1, S3, S5 et S6 sont moins

polluées par comparaisons avec les autres stations S2, S4 et S7 qui présentent des teneurs très élevées en germes de contamination fécale. L'analyse hiérarchique des données bactériologiques met en évidence deux principaux regroupements des variables. Le groupe 1 comprend les variables : PA, ASR et SF et le second groupe est constitué de CF, CT et FMAT (Figure 10).

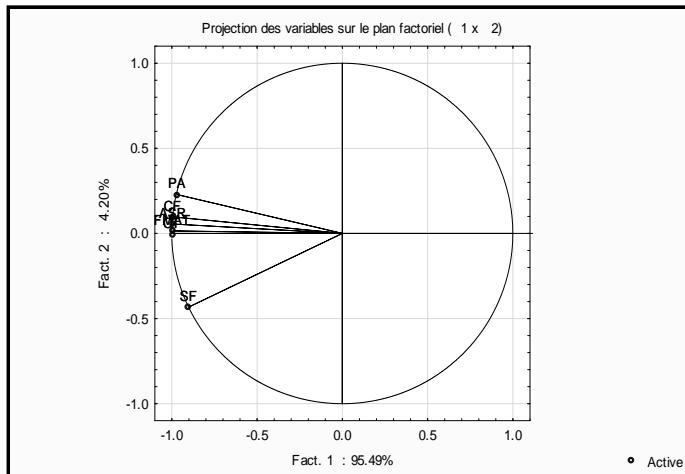


Figure 8: Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2

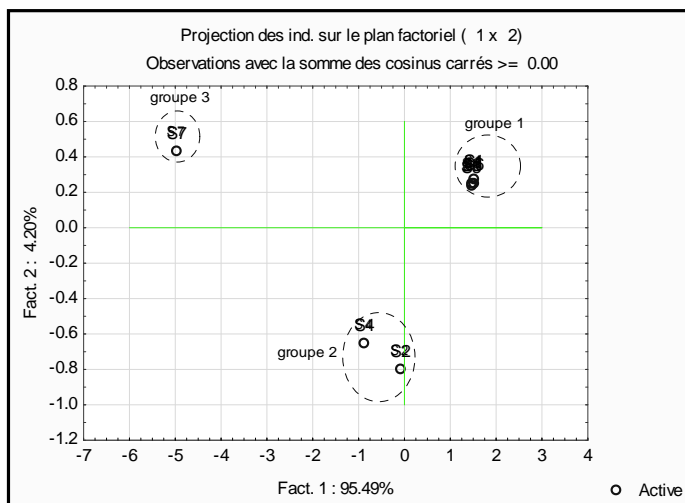


Figure 9: Représentation des stations sur le plan factoriel F1 et F2

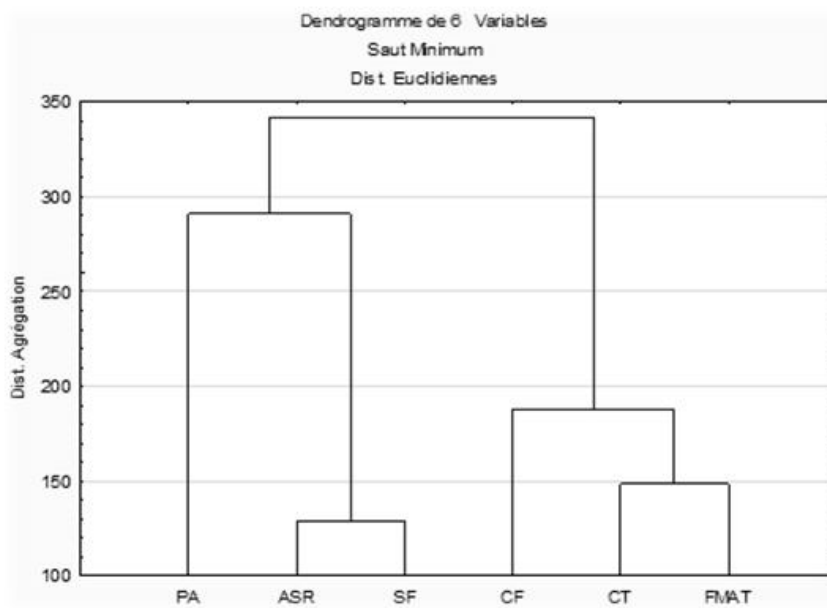


Figure 10: Dendrogramme visualisant les relations entre les variables

CONCLUSION

Les résultats de l'analyse bactériologique montrent que les stations S2, S4 et S7 présentent des concentrations élevées en germes de contamination fécale par rapport aux stations S1, S3, S5 et S6. La qualité des eaux de différentes stations étudiées est généralement bonne, moyenne à mauvaise. Ainsi, plus en allant vers l'aval du secteur d'étude plus la qualité se dégrade. En guise de conclusion, on peut insister sur la nécessité d'apprendre à la population à traiter l'eau par l'utilisation d'hypochlorite à l'aide d'un compte-gouttes pour éviter toute possibilité de contamination bactériologique et la nécessité de protéger les sources en eau. L'application des méthodes statistiques dans cette étude nous révèle l'existence de trois groupes de qualité de l'eau. Il s'agit d'une d'eau faiblement polluée, une d'eau moyennement polluée et une eau fortement polluée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS). (2005). Évaluation des ressources en eau souterraines de la nappe de Fès-Meknès, 49p.
- ESSAHLAOUI A. (2000). Contribution à la reconnaissance des formations aquifères dans le Bassin de Meknès-Fès (Maroc), Prospection géoélectrique, étude hydrogéologique et inventaire des ressources en eau. Thèse d'état, Université Mohammed VI, Rabat, Maroc, 258p.
- GEORGE I., SEVARIS P. (2002). Sources et dynamique des coliformes dans le bassin de la Sein. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, 46p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE). (2007). Suivi des progrès et promotion de politiques de gestion de la demande en eau (Rapport national du Maroc), 121p.
- Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) ., (2012). Etude d'élaboration du plan de gestion des ressources en eau en situation de pénurie au profit de la direction de la recherche et la planification de l'eau (Maroc), 48p
- Ministère de l'Environnement., (2002). Normes marocaines relatives aux eaux destinées à la production des eaux de boisson. Bulletin officiel n° 5062. 4p.
- OMS (1994). Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.
- OMS. (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Volume 2- critères d'hygiène et documentation à l'appui OMS, Genève, 2^{ème} Edition, 1050 p.
- RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9e édition. DUNOD (éditeur), Paris, France.1579 p.
- RODIER J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 6ème édition.
- TRAVEL A. et al. (2006). Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov 2006, N° 121, p 21-23.
- WHEAL C. (1991). Freshwater pollution. Nairobi. United Nations, Environnement Programme. UNEP/GEMS- Environnement Library N°6, Montréal, Canada, 36p.