



## QUALITE ET FACTEURS DE RISQUE DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES PERIURBAINES DE LA VILLE DE SEBAA AYOUNE (MEKNES, MAROC)

*ZERHOUNI J.<sup>1</sup>, RHAZI FILALI F.<sup>1</sup>, ABOULKACEM A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Equipe Microbiologie et Santé: Laboratoire de Chimie Biologie Appliqué à l'Environnement, Université Moulay Ismail Faculté des Sciences, B.P .11201 Zitoune Meknès, Maroc.

<sup>2</sup>Laboratoire d'épidémiologie et d'hygiène du milieu, Direction Régionale de la Santé Meknès-Tafilalt.

fouzia.filali@yahoo.fr

### RESUME

La présente étude a pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits et sources de certains quartiers périurbains de la commune urbaine Sebaa Ayoune. Le choix des stations retenues est basé essentiellement sur, le fait de leur exposition aux différents facteurs de risques sanitaires, tels que, l'absence de réseau d'assainissement et l'absence du réseau d'eau potable. La période d'étude s'est étalée sur 3 mois (mai, juin et juillet de l'année 2013).

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré des valeurs de concentrations satisfaisantes pour les Nitrates, les Sulfates, les Chlorures, la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous pour toutes les stations étudiées, à l'exception de la station (S2) qui a révélée une concentration moyenne en Ammonium de 0,64 mg/l dépassant les Normes Marocaines. Par ailleurs, Les résultats bactériologiques issus de cette étude, ont montré 77,7% des stations sont fortement contaminées et contiennent des valeurs, dépassant les normes, pour les indicateurs de pollution fécale: la flore mésophile aérobie totale, coliformes totaux, coliformes fécaux, Escherichia coli, streptocoques, Entérocoques et les Anaérobies sulfito-réducteurs.

A l'issu de cette étude nous pouvons déduire que les eaux des stations précitées constituent un risque sanitaire sérieux pour la population.

**Mots-clés :** Commune Sebaa Ayoune, eau souterraine, bactériologie, physico-chimie, qualité.

## **ABSTRACT**

This study aims to determine the physico-chemical and bacteriological quality of the well water and other water sources in some suburban districts of the urban municipality Sebaa Ayoune. The choice of the selected stations is primarily based on the fact of their exposure to various health risk factors, such as, the absence of sewerage and lack of the drinking water network. The study period lasts 3 months (May, June and July of the year 2013).

The results of physico-chemical analyses showed the values of concentrations satisfactory for Nitrates, sulphate, chloride, temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen for all sites study, with the exception of station (S2) which revealed a mean concentration ammonium of 0.64 mg/l, exceeding the Moroccan standards. Furthermore, the bacteriological results of this study show 77,7% stations are highly contaminated and contain values, exceeding standards, indicators of fecal pollution: the total aerobic mesophilic flora, total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli*, streptococci, Enterococci, and sulfite-reducing Anaerobes.

At the end of this study, we can deduce that the waters of the aforementioned stations constitute a serious health risk for the population..

**Keywords:** Municipality Sebaa Ayoune, groundwater, bacteriology, physico-Chemical, quality.

## **INTRODUCTION**

Le Maroc se situe parmi les pays en voie de développement qui ont relativement bien réussi la gestion des ressources en eau. Cependant, ce constat ne doit pas occulter les problèmes qui subsistent et qui risquent de s'aggraver et de compromettre la durabilité du développement, si des mesures appropriées ne sont pas prises à court terme pour les pallier. En effet, plus de 95% de la population rurale est non raccordée à un système d'assainissement adéquat, dont 35% dispose d'un bloc sanitaire élémentaire générant plus de nuisances en matière d'hygiène et de salubrité que de bienfaits. Cette situation est d'autant plus inquiétante si l'on considère que le taux d'accès à l'eau potable des populations rurales avoisine 80%, dont 27% est assuré par branchement individuel. Ce qui permet d'induire une augmentation de la production des eaux usées et par conséquent, la pollution et les risques sanitaires qui en découlent (Département de l'Environnement, 2010).

Pour la ville Sebaa Ayoune, L'assainissement individuel concerne les constructions non couvertes par le réseau d'assainissement, les dispositifs

utilisés sont les puits perdus. Ces dispositifs d'assainissement sont mal entretenus et engendrent des nuisances immédiatement sur l'environnement. Ce type d'assainissement présente un impact néfaste sur la population riveraine et sur les ressources souterraines (Agenda 21 de Sebaa Ayoune).

Concernant les études bactériologiques et physico-chimiques réalisées dans la région de Sebaa Ayoune, il y a celles élaborées par l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou. Elles ont permis de classer la qualité des eaux souterraines dans les environs de la ville de Sebaa Ayoune comme étant très mauvaise au sud, mauvaise au nord et bonne à l'est (DAT, 2011).

Le but de ce travail consiste à caractériser la qualité des eaux souterraines consommées par la population urbaine de cette ville et de déterminer les facteurs présentant un risque pour la santé publique. Cette étude s'insère également dans la stratégie de la lutte contre les maladies hydriques et la politique de la gestion et la valorisation des ressources en eau.

## MATERIEL ET METHODES

### Présentation de la zone d'étude

La ville de Sebaa Ayoune est située dans la région Nord centrale du Maroc et au Nord Est de la province d'El Hajeb, elle fait partie du territoire de la région de Meknès-Tafilalet (Figure1). Elle est à environ 22 km de l'Est de la ville de Meknès. Cette ville est limitée au nord par la commune rurale d'Oued Jdida, au sud par la commune rurale d'Ait Boubidmane, à l'Est par celle de Laqsir et à l'Ouest par la commune rurale d'Ait Harzallah. Elle s'étend sur un vaste territoire de 40 km<sup>2</sup> environ ; ses coordonnées polaires sont de 33°53' Nord de latitude et de 5°21' Ouest de longitude et environ 590 m d'altitude (DAT, 2011).

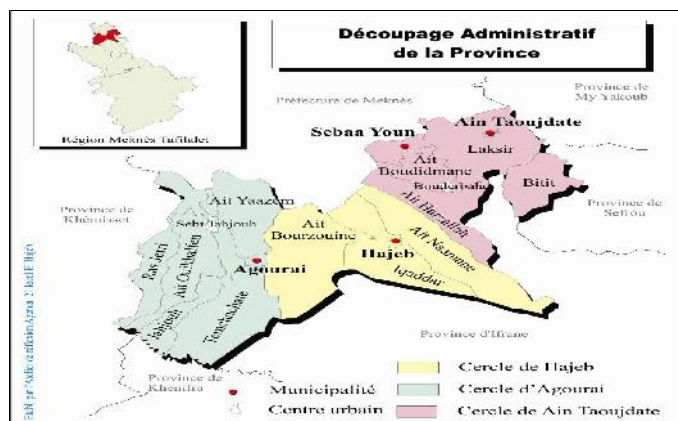


Figure 1 : Localisation administrative de la ville de Sebaa Ayoune (Agenda 21 de Sebaa Ayoune)

La ville Sebaa Ayoune fait partie du bassin de Saïs se subdivise en deux parties structurales : La plaine du Saïs (l'Est) et le plateau de Meknès (Ouest) (auquel fait partie la ville Sebaa Ayoune), sa géomorphologie se caractérise par une structure synclinale dissymétrique d'orientation générale WSW et ENE. Sur le plan géologique elle se caractérise par un relief faiblement accidenté, formé de roches perméables et karstifiables. Ces roches jouent un grand rôle hydrogéologique dans la constitution de l'aquifère profond du bassin de cette région (DAT, 2011). Le réseau hydrographique de la ville Sebaa Ayoune est composé de trois oueds: (oued Bou Gnaou, oued Jdida et oued Mahdouma.). Le sens d'écoulement de ces Oueds est généralement du SSE au NNW (Harmouzi, 2010). Les sources sont situées généralement en bordures des oueds qui sont peu encaissés (Chadli, 2005). De point de vue Hydrologique, le bassin de Meknès-Fès comprend deux réservoirs aquifères importants : la nappe phréatique du Plio-quatenaire et la nappe profonde du Lias. L'écoulement de la nappe Meknès-Fès est de direction Sud-Nord (Essahlaoui, 2000). Le Climat de la ville de Sebaa Ayoune est de nature semi aride de type continental chaud en été et froid en hiver (DAT, 2011).

### **Sites d'échantillonnage**

Notre étude s'est focalisée sur 7 puits d'eau collectifs et 2 sources d'eau. Les motifs du choix des stations sont basés sur, l'effectif de la population desservie par les points d'eaux choisis, Les facteurs de risque de la pollution des eaux tels que : l'absence de réseau d'assainissement (utilisation des latrines à fosses comme système d'évacuation des excréta), l'absence du réseau d'eau potable, la situation à proximité des terrains à vocation agricole, la situation à proximité de la décharge publique non contrôlée, ainsi que la situation géographique des différentes stations qui est déterminée par leurs coordonnées géographiques Lambert à l'aide d'un GPS (Global Positionning System) de type etrex SUMMIT GARMIN (Tableau1). La représentation spatiale des différentes stations a été faite via le logiciel Arc Gis Arc Map et sont reportées sur la carte (Figure 2).

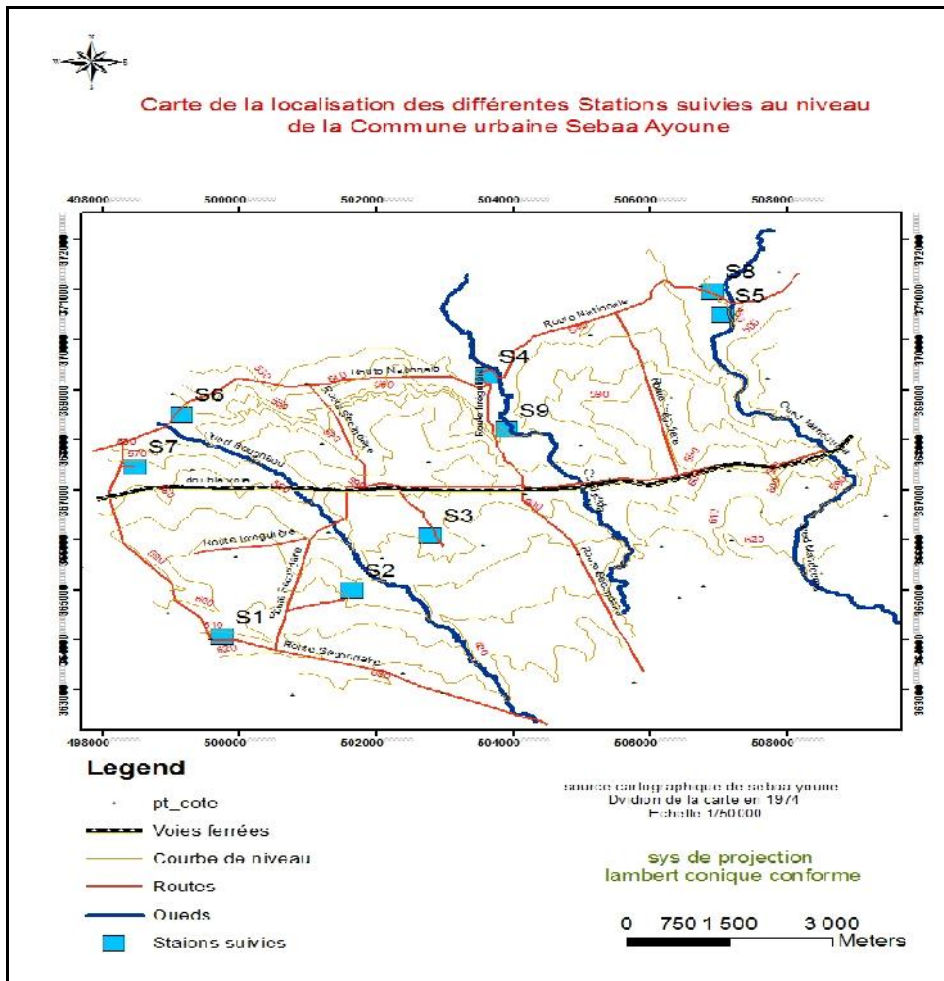


Figure 2 : Présentation spatiale des Stations suivies.

**Tableau 1** : Données caractérisant les différentes stations choisies

Code	Nom des stations	Nature de Station	Quartiers ou (douars)	Coordonnées GPS (Latitude, longitude, altitude)			Facteurs du risque
				Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude en mètre	
S1	Talaa	Puits	Cartables	33°52.615'	005°24.207'	620	Activité agricole
S2	Alawia	Puits	Alawia	33°53.033'	005°23.055'	614	Latrines à fosse, fumier, activité agricole
S3	Ait dawd	Puits	Ait dawd	33°53.486'	005°22.264'	577	Latrines à fosse, fumier, activité agricole
S4	Nzala Ait Amar Ou Saïd	Puits	Ait Amar au saïd	33°55.465'	005°21.627'	526	Fumier, activité agricole
S5	Mahdouma	Puits	Mahdouma	33°56.133'	005°19.425'	488	Fumier, Activité agricole
S6	Al awra	Puits	Ait yahya	33°55.082'	005°24.589'	567	Latrines à fosse, fumier, activité agricole
S7	Bounss	Puits	Bounss	33°54.513'	005°24.873'	579	Latrines à fosse, fumier, activité agricole
S8	Ain kaba	source	Mahdouma	33°56.376'	005°19.421'	459	Activité agricole
S9	Ain Saltan	source	Ait Ghidan	33°54.851'	005°21.242'	529	Latrines à fosse, fumier, activité agricole

## Échantillonnage et Analyses

### Prélèvements et analyses physico-chimiques

Afin de déterminer les caractéristiques chimiques de l'eau de ces stations, nous avons effectué deux campagnes d'échantillonnages, une campagne pendant le mois de juin et une deuxième pendant le mois de juillet. Les mesures des paramètres physiques (température, pH, conductivité et l'oxygène dissous) ont été réalisées in situ par des appareils portatifs (Tableau 2), alors que les analyses chimiques des échantillons ont été effectuées au laboratoire en se référant au Manuel de Rodier 2009 et selon les méthodes mentionnées dans le Tableau 3.

**Tableau 2 :** Méthodes et techniques utilisées pour les analyses des paramètres physiques

Paramètres	Unités	Matériels et Méthodes	
		Matériels	Méthodes d'analyse
Température	°C	Conductivimètre (Cond 340i)	réalisées in situ
Conductivité	µs/cm		
pH		pH mètre de marque photomètreClph, lovibond « and tintometer GmbH, 44287 Dortmund	
Oxygène dissous	mg/l O <sub>2</sub>	Oxymètre model HQ 40d	

**Tableau 3 :** Méthodes et techniques utilisées pour les analyses des paramètres chimiques

Paramètres	Matériels et Méthodes		Unités	Référence
	Matériels	Méthodes d'analyse		
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Lecture effectuée par le spectrophotomètre du type ANACHEH 220.	méthode Salicylate de sodium,	mg/l	(Rodier et al., 2009)
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		méthode au bleu d'indophénol		
Sulfates		méthode Néphélométrique		
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )		méthode de Mohr		

**Prélèvements et analyses microbiologiques**

Les techniques d'échantillonnage ont été effectuées selon la NM 03.7.058, alors que l'acheminement et le transport des échantillons selon la NM 03.7.059. Les paramètres microbiologiques des eaux des puits échantillonnés sont déterminés selon des Normes Marocaines (NM) appropriées (Tableau 4).

**Tableau 4** : Méthodes et techniques utilisées pour les analyses des paramètres bactériologiques

<b>Paramètres</b>	<b>Méthodes et références</b>	<b>Unités</b>
<i>micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C</i>	NM ISO 6222, 2007 Technique par incorporation en gélose	Les résultats sont exprimés en UFC/ml
<i>Coliformes Totaux, Coliformes fécaux, et Escherichia coli</i>	NM ISO 9308-1 année 2007 Indice de classement NM 03.7.003 Méthode par filtration sur membrane.	Les résultats sont exprimés en UFC/100ml
<i>Les streptocoques, et les entérocoques intestinaux</i>	NM ISO 7899-2 année 2007 Indice de classement NM 03.7.006 Méthode par filtration sur membrane.	
<i>Spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs</i>	NM ISO 6461-2 année 2007. Méthode par filtration sur membrane de 0,2 µm	
Les salmonelles	NM 03.7.050 Méthode par filtration sur membrane de 0,45 µm	les résultats sont exprimés par présence / absence dans 2 litres.



## **RESULTATS ET DISCUSSION**

### **Analyses physico-chimiques**

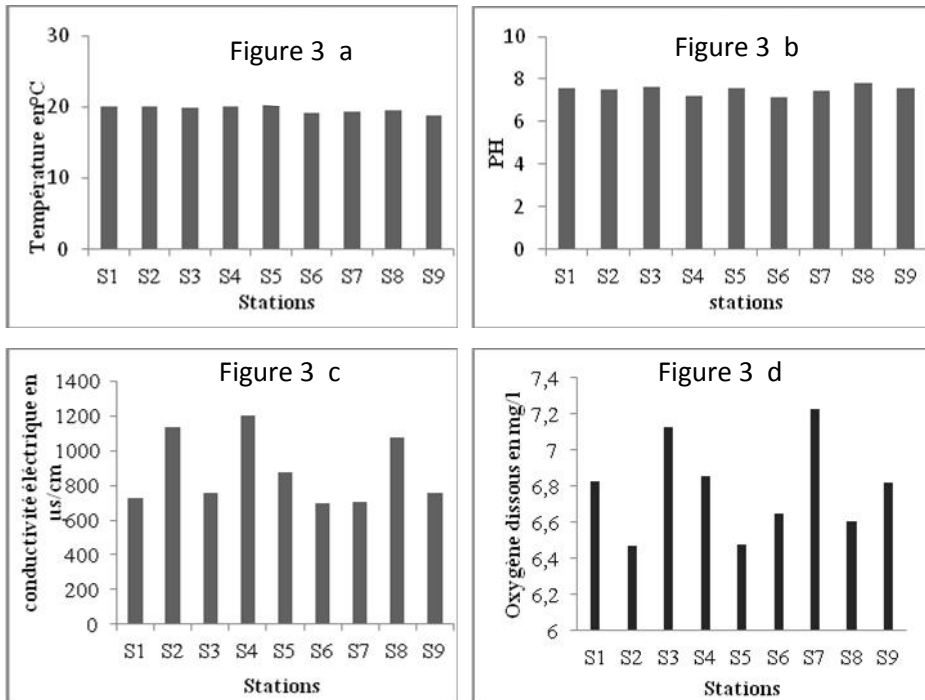
#### *Paramètres physiques*

La température ( $T^{\circ}$ ) moyenne maximale est de  $20,2^{\circ}\text{C}$  (Figure 3a), enregistrée dans la station S5 (Mahdouma) la température des autres stations ne dépasse pas cette valeur précitée. La réglementation française actuelle retient la valeur de  $25^{\circ}\text{C}$  comme référence de qualité, sauf en cas de traitement thermique pour la production d'eau chaude, alors que la Norme Marocaine (NM 03.7.001, 2006) ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température élevée (supérieure à  $20^{\circ}\text{C}$ ) favorise le développement des micro-organismes (Rodier et al., 2009).

Le Potentiel d'Hydrogène (pH) varie entre une valeur moyenne minimale de 7,14 et un maximum de 7,8 (Figure 3b); ce qui témoigne une légère alcalinité du milieu. La Norme Marocaine (NM03.7.001, 2006) admet pour limite minimale 6,5 et maximale 8,5. Les valeurs enregistrées de pH répondent aux normes en vigueur. En eau douce, les milieux naturels sont généralement « tamponnés » à un pH de 7 à 8. Le pH influe sur la forme des produits chimiques ; par exemple, le gaz carbonique est présent dans l'eau sous différentes formes en équilibre (Gaujous, 1995). La forme dominante dans ces eaux est la forme des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Les valeurs de la Conductivité (Figure 3c) varient entre un minimum de  $696 \mu\text{s}/\text{cm}$  enregistré à (S6), et un maximum de  $1201 \mu\text{s}/\text{cm}$  enregistré au puits (S4). Elles répondent toutes à la Norme Marocaine (NM03.7.001, 2006) fixée à  $2700 \mu\text{s}/\text{cm}$  et à la Norme Française de  $1500 \mu\text{s}/\text{cm}$ . Selon la grille de classification des eaux souterraines pour la conductivité, ces eaux sont de bonne qualité (PPRE, 2009).

Pour l'oxygène dissous, les valeurs moyennes varient entre un maximum de  $7,23 \text{mg}/\text{l}$  enregistré au puits Bounss(S7), et un minimum de  $6,47 \text{mg}/\text{l}$  enregistré au puits Alawia (S2) (Figure 3d), Les résultats de toutes les stations répondent à la Norme Marocaine (NM 03.7 .001, 2006); leur teneur en oxygène dissous est comprise entre 5 et  $8 \text{mg}/\text{l}$ .



**Figure 3 :** Variation spatiale des valeurs moyennes des paramètres physiques

### Paramètres chimiques

Les concentrations du nitrate (Figure 4 a ) dans les eaux des puits et des sources analysées ne dépassent pas 50mg/l valeur exigée par la Norme Marocaine (NM03.7.001, 2006) et l’OMS. La valeur moyenne maximale est de 16,39mg/l. Selon la grille de classement des eaux souterraines pour les Nitrates (PPRE, 2009), cette eau est de bonne qualité. Pour l’ion ammonium une seule station S2 présente une valeur (0,64 mg/l) (Figure 4 b) dépassant la norme marocaine et celle de l’OMS, et qui normalement doit être limitée à une valeur inférieure à 0,5 mg/l. Cette pollution peut être due à la décomposition des déchets azotés (urée, azote organique) et/ou le non respect des périmètres de protection ; puisque en amont du puits, il y a une fosse septique et des dépôts de fumier. Selon le classement des eaux souterraines pour l’ammonium (PPRE, 2009; ces eaux sont de moyenne qualité. La valeur maximale pour les sulfates (Figure 4 c) a été évaluée à 56,8 mg/l et enregistrée au niveau de la station S8. L’OMS recommande comme valeur limite 250 mg/l. Les directives du Conseil des communautés européennes et la réglementation française retiennent cette dernière valeur de 250 mg ( $SO_4^{2-}$ ) /l, alors que la Norme Marocaine (NM 03.7.001, 2006) exige une Valeur Maximale Admissible (VMA) de 400mg/l. La concentration maximale des chlorures mesurée (Figure 4 d) dans les

différentes stations est de l'ordre de 166,8mg/l enregistrée dans la station S4. En comparant les valeurs trouvées des chlorures avec la Norme Marocaine (NM 03.7.001, 2006), elles sont toutes inférieures à la Valeur Maximale Admissible (VMA) 750mg/l.

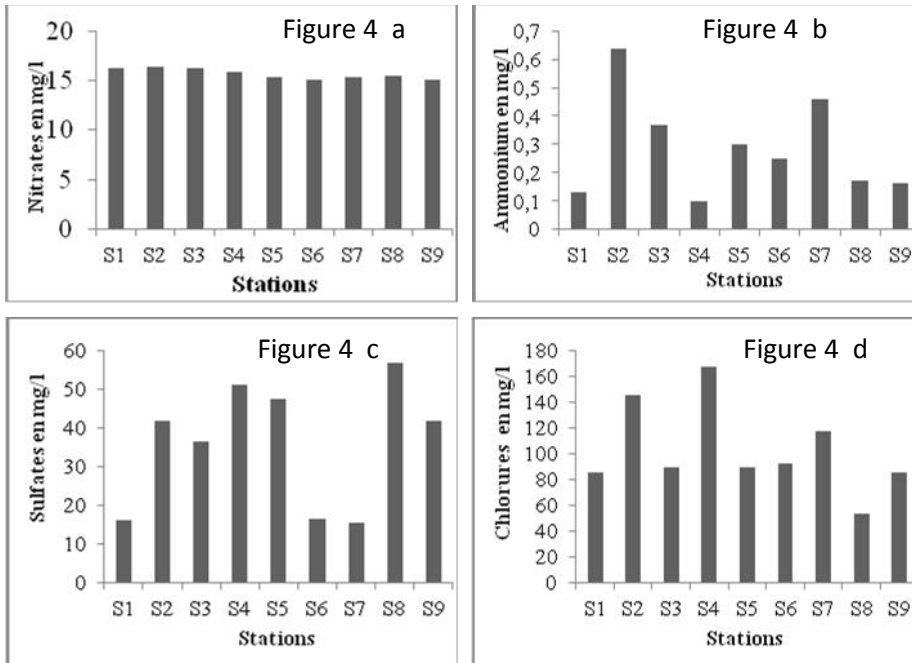


Figure 4 : Variation spatiale des valeurs moyennes des paramètres chimiques

### Analyse bactériologique

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses bactériologiques concernent souvent, non pas des micro-organismes pathogènes, mais des germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque pour la santé publique. Ainsi deux types principaux d'indicateurs sont pris en considération :

- Les indicateurs de contamination fécale permettant d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté ou de précocité, le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des micro-organismes pathogènes.
- Les indicateurs d'efficacité de traitement permettant d'évaluer la qualité d'un traitement de désinfection de l'eau vis-à-vis de micro-organismes pathogènes dont la présence peut être redoutée dans l'eau brute utilisée (Rodier et al., 2009).

Le fait que ces bactéries soient des hôtes normaux de l'intestin ne doit pas masquer l'éventualité de leur participation à la pathologie. Certaines données statistiques les rendent responsables de 23% des infections vaginales, 14% des infections urétrales et 50% des infections urinaires (Rhazi Filali et al., 1996). Elles élaborent des enterotoxines qui entraînent des troubles fonctionnels au niveau des enterocytes sans provoquer de lésion histo-pathologique (Amhoud, 1999). L'eau peut être tout à fait potable d'un point de vue physico-chimique, mais elle peut être polluée par des bactéries. Toutefois, les indicateurs bactériens de pollution fécale fournissent une première évaluation de la qualité de l'eau souterraine (BISE, 2007).

La période du prélèvement des paramètres bactériologiques s'est étalée sur trois mois mai, juin et juillet de l'année 2013, à raison d'un prélèvement par mois et point d'eau, avec 27 échantillons récoltés. Les valeurs moyennes des résultats obtenus permettent de noter que :

Toutes les eaux des stations analysées sont contaminées par la flore mésophile aérobie totale (FMAT) (Figure 5 a). À 22 °C seule la station S1 (puits Talaa) répond aux Normes Marocaines (NM 03.7.001, 2006), c'est-à-dire une densité ne dépassant pas (100UFC/1 ml). La valeur maximale de la FMAT est enregistrée dans la station S9 (source Ain saltane) 4873 UFC/1ml et la minimale est de l'ordre de 54 UFC/1ml au niveau du puits Talaa (S1). À 37 °C ; la valeur moyenne minimale est de 61 UFC/1ml enregistrée pour les eaux de la station (S1) contre 20UFC/ml exigée par la Norme Marocaine (NM03.7.001, 2006). Cette forte pollution peut être attribuée à une mauvaise protection des puits et des sources et le non respect des périmètres de protection. C'est la conséquence aussi d'une pollution avoisinante (terres agricoles, élevage des bétails, existence des fosses septiques et des latrines), et/ou, à l'absence d'un système d'assainissement approprié.

Pour les coliformes totaux (CT), tous les points d'eau analysés sont contaminés (Figure 5 b) à l'exception de la station S8 (Source kaba) dont la qualité bactériologique de ses eaux répond à la Norme Marocaine (NM 03.7.001, 2006) soit 0 UFC/100 ml. La valeur maximale des CT a été enregistrée dans la station S6 (1800UFC/100ml). Toutes les stations étudiées sont utilisées pour desservir la population avoisinante en eau. Les résultats de cette étude ont montré en quasi totalité une contamination des stations par les CT, ce qui peut être en faveur de présenter un risque d'une contamination fécale.

La recherche des coliformes fécaux (CF), *E. coli*, Streptocoques fécaux (SF), des entérocoques (ET) et des Anaérobies sulfite-réducteurs(ASR) dans les puits et les sources sélectionnées, a révélé que seulement les deux stations S1 et S8 répondaient à la Norme Marocaine (NM 03.7.001, 2006) (0 UFC/100 ml), les autres stations sont toutes contaminées par ces germes.

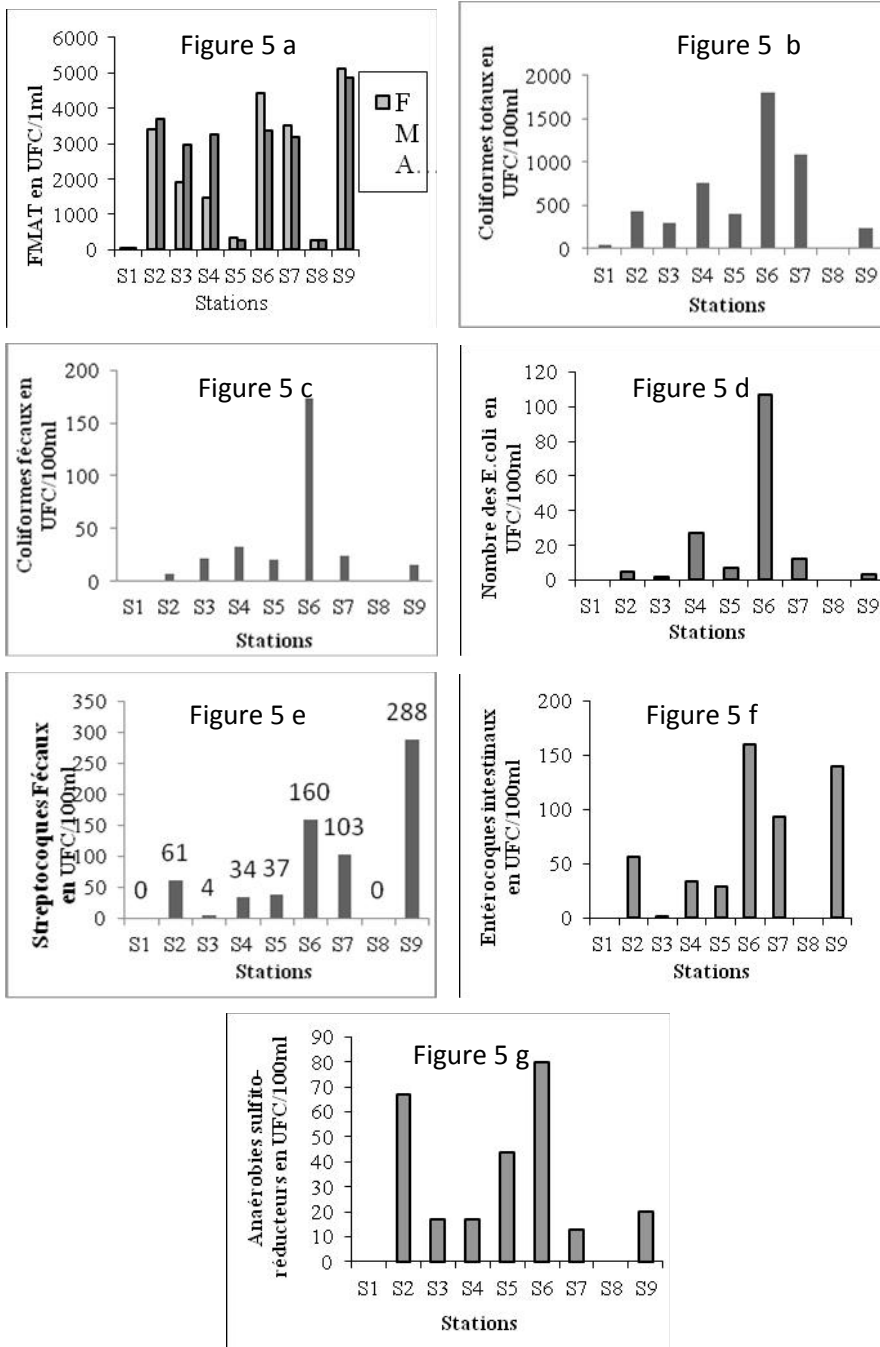
En effet, Les analyses des eaux des stations ont montrée que la plus importante concentration des CF (Figure 5 c) est enregistrée pour les eaux de la station S6 (Puits Al awra) soit 173 UFC/100ml. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans

l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CEAEQ, 2000). Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (Robertson, 1995).

Par ailleurs, parmi les coliformes fécaux ; *E. coli* est la seule bactérie qui soit sans équivoque toujours d'origine fécale et, à ce titre, est de plus en plus considéré comme l'organisme indicateur spécifique d'une pollution fécale. *E. coli* peut survivre jusqu'à trois mois dans une eau naturelle non traitée (Edberg et al., 2000). *Escherichia coli* est très présent dans la flore intestinale de l'homme et des animaux ; il est considéré récemment comme le meilleur indice de contamination fécale. Il peut être pathogène et agent causal de toxi-infection (colibacillose : gastroentérite infantile) (Gaujous, 1995). Cette bactérie ne se multiplie pas dans l'environnement, mais uniquement dans le tractus digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. De ce fait, une bonne corrélation entre sa concentration et la pollution fécale a été établie (Gantzer et al., 1998). L'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2000) et la Norme Marocaine précisent qu'un échantillon d'eau potable ne doit contenir aucune bactérie d'*E. coli*. La recherche de ce germe a montré que la valeur la plus élevée a été enregistrée à la station **S6** soit 107UFC/100ml (Figure 5 d), alors que la concentration minimale des eaux polluées par cette bactérie est 2 UFC/100ml pour la station S3. Cependant, si la présence de la bactérie *E. coli* dans l'eau indique une contamination fécale, elle n'indique pas la source précise de la matière fécale (El haissoufi et al., 2011). Les sources de contaminations possibles peuvent être : Dépôts de fumier, latrines à fosses et des déchets de toutes natures dans les terrains avoisinants des points d'eaux contaminés.

La plus grande valeur moyenne des *Streptocoques fécaux* (SF) a été enregistrée (288UFC/100ml) dans la source Ain saltane (Figure 5 e). Pour les *entérocoques* (ET), la plus grande valeur a été enregistrée dans la station **S6** (Figure 5 f) avec une densité de 160UFC/100ml. Simmons et al. (2001) ont établi une certaine corrélation ( $r = 0,59$ ,  $p = 0,001$ ) entre la présence d'entérocoques et celle de coliformes fécaux dans une eau de consommation non traitée (AES, 2012).

La recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) a montré que la valeur moyenne la plus grande est de 80UFC/100ml (Figure 5 g) pour la station S6. La pollution des points d'eaux S2, S3, S4, S5, S6, S7 et S9 peut être expliquée par une pollution fécale éloignée ou intermittente (Normes ISO 6461), en effet, les spores des bactéries sulfito-réductrices apportent des informations complémentaires intéressantes, en partie d'origine fécale, car elles subsistent lors de la désinfection qui fait disparaître les bactéries non sporulées (Rodier et al., 2009).



**Figure 5:** Variation spatiale des valeurs moyennes des paramètres bactériologiques.

Malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale, Les résultats des analyses, effectuées durant la période d'étude, à la recherche de Salmonelles indiquent l'absence totale de ces germes. Cependant, la contamination de la grande majorité des stations étudiées par les bactéries indicatrices de pollution fécale, peut être expliquée d'après l'enquête préétablie, par la mauvaise protection des puits et des sources et le non respect des périmètres de protection. De même l'absence du système d'assainissement approprié et les pollutions avoisinantes telles que les terres agricoles, les élevages des bétails, l'existence des fosses septiques et des latrines sont impliquées largement dans cette pollution. Il est donc temps de faire un recensement des sites susceptibles de poser des problèmes environnementaux, endommageant les ressources en eau potable, tout en déterminant une typologie des sites en vue d'entreprendre des mesures correctives.

## **CONCLUSION**

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines au niveau des quartiers périurbains de la commune urbaine Sebaa Ayoune durant la période d'étude, peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucun danger pour les consommateurs. Cependant leur qualité bactériologique montre une défaillance pour la grande majorité des stations étudiées, ceci constitue sans doute un risque pour la santé de la population consommatrice. L'usage inapproprié de ces eaux pourrait être à l'origine de transmission de maladies hydriques tel que le choléra, la typhoïde, l'hépatite, la dysenterie gastro-entériques...

Les facteurs du risque de la pollution bactérienne des eaux souterraines d'après notre étude sont diversifiés, la mauvaise protection, la non application des mesures d'hygiène et d'aménagement, la mauvaise conception des latrines et des fosses septiques, la mauvaise évacuation des eaux usées, ainsi que la présence des sources de pollution, tels que les dépôts d'ordures, de fumier et le pâturage à proximité des points d'eaux contaminés sont les principaux agents causals.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AES (2012). Air Eau Sol Environnement - Service de prélèvement d'échantillons de contaminants environnementaux pour fin d'analyse en laboratoire -Un environnement sain - Source de santé © 2012 Air Eau Sol Environnement | Site par Renovaweb.ca
- AGENDA 21 de Sebaa Ayoune. Programme agenda 21 locaux ElHajeb . Etat des lieux et perspectives de la ville de Sebaa Ayoune, Vision provisoire. Mai.2008.

- AMHOUD T. (1999). Epidémiologie, bactériologie et étude physico-chimique des eaux souterraines de la province de Meknès. Diplôme des Etudes Supérieures Spécialisées, Plantes Médicinales et Aromatique, Développement et Marketing, Université Moulay Ismail, Faculté des sciences, Meknès. 78p.
- CEAEQ (2000) Recherche et dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24 p.
- CHADLI K. (2005). Apport de la modélisation mathématique à la reconnaissance des formations aquifères cas du plateau de Meknès(Maroc). Thèse de Doctorat en sciences. Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc,163p.
- DAT. (2011). Direction de l'Aménagement du Territoire, Inspection Régionale de l'habitat, de l'urbanisme et de la politique de la ville Meknès- Tafilat. Plan d'aménagement de la ville de Sebaa Ayoune. Rapport diagnostic.
- DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT. (2010). Etat de l'Environnement du Maroc. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Maroc.
- EDBERG S.C., RICE E.W., KARLIN R.J., ALLEN M.J. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, 88: 106S-116S.
- EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LAMALI A. (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiolol. Ind. san et Environn., Vol 5, n°1, 37-68.
- 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 de Doctorat en sciences Appliquées 258p. Université Mohammed V, Rabat, Maroc.
- GANTZER C, LUCENA F., SCHWARTZBROD L., JOFRE J. (1998). Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité ? Virologie, Vol. 2, n° 2, 117-25.
- GAUJOUS D. (1995). La pollution des milieux aquatiques, Ed. Lavoisier, Techniques et documentation, Paris, 217p.
- HARMOUZI O. (2010). Reconnaissance détaillée de la partie nord-est du Bassin de Saïss (MAROC): interprétation de sondages électriques verticaux par combinaison des méthodes statistique, géostatistique et d'inversion. Thèse de Doctorat en géosciences de l'environnement, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc. 302p.
- NM 03.7.001. (2006). Norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. Bulletin Officiel N° 5404 du 16 Mars 2006.



- OMS (2000) Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, 1050 p.
- PPRE. (2009). Etablissement d'une Méthodologie pour l'élaboration du Programme de Protection de la qualité des ressources en eau .secrétariat d'état au près du Ministère de l'énergie, des mines de l'eau et de l'Environnement. Département de l'eau. Octobre, 2009.
- RHAZI FILALI F., ZAID A., ENNACIRI A. (1998). Evaluation du taux de résistance bactérienne aux antibiotiques dans la région de Meknès, Objectif médical, n°170, avril.
- ROBERTSON W. (1995). Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans: Air Intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, p. 179-193.
- RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, France, 1579p.
- SIMMONS G., HOPE V., LEWIS G., WHITMORE J., GAO W. (2001). Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. Water Research, Vol. 35, Issue 6, 1518-1524.