

# ETUDE DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX DE CERTAINS Puits DE LA VILLE DE MEKNÈS, MAROC

BEN HIDA Asmaa<sup>1,2</sup>.

MERZOUKI Mohammed<sup>3</sup>,

ABOULKACEM Amal<sup>4</sup>

et MOUMNI Mohieddine<sup>5</sup>

1) Université Moulay Ismail,  
Faculté des sciences, Meknès.

2) Laboratoire de  
Diagnostic Epidémiologique  
et d'Hygiène du Milieu de  
Meknès.

3) Laboratoire de  
Biotechnologie, Faculté des  
sciences Dhar El Mahraz, Fès.

5) Laboratoire de la Biologie  
Moléculaire, Faculté des  
sciences, Meknès.

## Résumé

La présente étude a été entreprise pour évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de certains puits de la ville de Meknès utilisés, comme eau de boisson et pour les activités domestiques par la population avoisinante.

Nous avons suivi pendant 3 mois (avril, mai, juin 2011), l'évolution de la pollution de 7 puits par des prélèvements mensuels pour les analyses physicochimiques et des prélèvements bimensuels pour les analyses bactériologiques. Nous avons réalisé 3 campagnes pour les analyses physicochimiques et 6 campagnes pour les analyses bactériologiques, ce qui nous a permis de faire une étude saisonnière. Les résultats obtenus renseignent sur une forte contamination physicochimique et bactériologique des eaux des puits étudiées surtout durant la saison estivale.

Les valeurs de ces paramètres dépassent les valeurs indiquées par les normes Marocaines et les directives de l'organisation Mondiale de la Santé.

La présence très élevée des germes indicateurs de la contamination fécale, ainsi que la présence des concentrations élevées des nitrates dans l'eau, constituent sans doute une menace pour la santé des habitants.

**Mots clés :** *eaux de puits, pollution fécale, pollution chimique, contamination, Meknès, Maroc.*

## Introduction

L'eau, élément nécessaire et irremplaçable pour toute vie sur terre. Mais, elle peut jouer le rôle d'un vecteur d'agent potentiellement dangereux et par conséquent une source de maladie (Hassoun et al., 2010). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson (Pulim, 1991).

Au Maroc Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique (Bahir M et Mennani.A., 2002). L'utilisation de l'eau provenant des puits publics à ciel ouvert et des puits individuels non protégés, conjuguée à

l'insuffisance des ouvrages d'assainissement 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, les hépatites et la typhoïde (Ait melloul et al., 2002 ; Hassoune et al., 2006 ; El mostafa et al., 2010).

Malgré l'installation des équipements produisant de l'eau potable. Mais celles-ci ne desservent pas tous les quartiers de la ville notamment ceux en milieu périurbain et le mètre cube d'eau devient cher en raison des conditions de la distribution. C'est ainsi qu'une partie importante de la population de cette ville utilise l'eau de puits dont la qualité est préoccupante.

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité de l'eau de certains puits de la ville de Meknès. Pour ce faire, nous avons réalisé :

Une prospection sur les puits dans les zones retenues.

\* Des analyses de la qualité de l'eau en se basant sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES:

De par sa localisation sur un plateau au sol fertile, bénéficiant d'un climat méditerranéen relativement pluvieux et surtout des apports importants en eau liés à la proximité d'un véritable château d'eau, en l'occurrence le Moyen-Atlas, Meknès dispose d'atouts indéniables. Riche par ses ressources naturelles et sa localisation géographique, Meknès l'est autant par son histoire. Cité impériale ayant acquis ses titres de noblesse depuis des siècles, la ville de Meknès est aujourd'hui, avec une population estimée à environ 540 000 habitants, la sixième ville du royaume (Abdouh et al., 2004).

Meknès est située à une altitude de

500 m environ, sur le plateau de Saïss, entre le Moyen-Atlas au sud et les collines pré-rifaines au nord. Le bassin est subdivisé en deux parties structurales principalement par la flexure de Ain Taoujtate (de direction NW-SE) : le plateau de Meknès à l'Ouest et la plaine de Saïss à l'Est, qui sont à l'origine d'une structuration topographique en paliers (Agence du Bassin Hydraulique SEBOU-Fès, 2006).

### Sites de prélèvements :

Les points de prélèvement sont choisis de telles façons qu'ils soient dispersés, accessibles, utilisés pour l'alimentation des habitants et situés à proximité des terrains à vocation agricole et des décharges publiques. Ainsi, 7 puits ont été choisis de telle façon de bien présenter la zone d'étude.

### Description des puits:

**Puits 1:** Puits privé, bien aménagé, équipé d'une pompe immergée, protégée à l'intérieur d'un garage. L'eau de ce puits est utilisée pour l'alimentation et les travaux domestiques. Puits près d'un terrain agricole.

**Puits 2:** Puits collectif, utilisé pour l'alimentation de ce Douar et pour l'irrigation. Il est bien aménagé, équipé d'une pompe et acheminé dans un château, à partir duquel on assure la distribution de ses eaux vers les foyers.

**Puits 3:** Puits collectif, utilisé pour l'irrigation du blé et alimente presque 10 foyers, non aménagé.

**Puits 4:** Puits collectif, bien aménagé, équipé d'un système de pompage et acheminé dans un château, il est utilisé pour la consommation d'une dizaine de foyers.

**Puits 5:** Puits privé, non aménagé, utilisé pour la consommation et les travaux domestiques. Proche de l'écoulement des eaux usées.

**Puits 6:** Puits bien aménagé, équipé d'une pompe immergée, protégée à l'intérieur d'une chambre. L'eau de ce puits est utilisée pour la consommation et l'irrigation.

**Puits 7:** Puits collectif, bien aménagé, utilisé pour la consommation des ouvriers.

**Puits 8 (témoin):** Puits privé, l'eau de ce puits est utilisée pour l'alimentation. Bien aménagé, équipé d'un système de pompage. Surveillé régulièrement par des analyses périodiques rapprochées.

Lieu de prélèvement	Code de puits	Coordonnées
Puits N°1 lotissement laâraychi, Ain slougui	1	N 00365030, E 00491167, 585 m
Puits N°2 Douar riafa, commune Ait oualan, route Rabat	2	N 00362887, E 00480227, 572 m
Puits N°3 Coopérative laayoune, Douar Ait oualan.	3	N 00361160, E 00483103, 588 m
Puits N°4 Carrière Majjat près de la zone industrielle	4	N 00357280, E 00489348, 682 m
Puits N°5 Bab Bl9arin ancienne medina.	5	N 00365026, E 00484647, 560 m
Puits N°6 café ouchkine, route Rabat	6	N 00366021, E 00480599, 541 m
Puits N°7 ferraille, sidi bouzekri	7	N 00362146, E 00487272, 611 m
Puits N° 8 (témoin), proche de l'ENA, Ecole Nationale d'Agriculture	8	–

**Tableau 1:**  
Coordonnées géographiques des puits

Les coordonnées des points de suivi ont été calculées et définies par le système GPS (Global Positioning

System)(Tableau 1).

Leurs représentation spatiale a été faite via le logiciel ArcGis (Arc

Map) et sont reporté sur la carte suivante (figure 1):

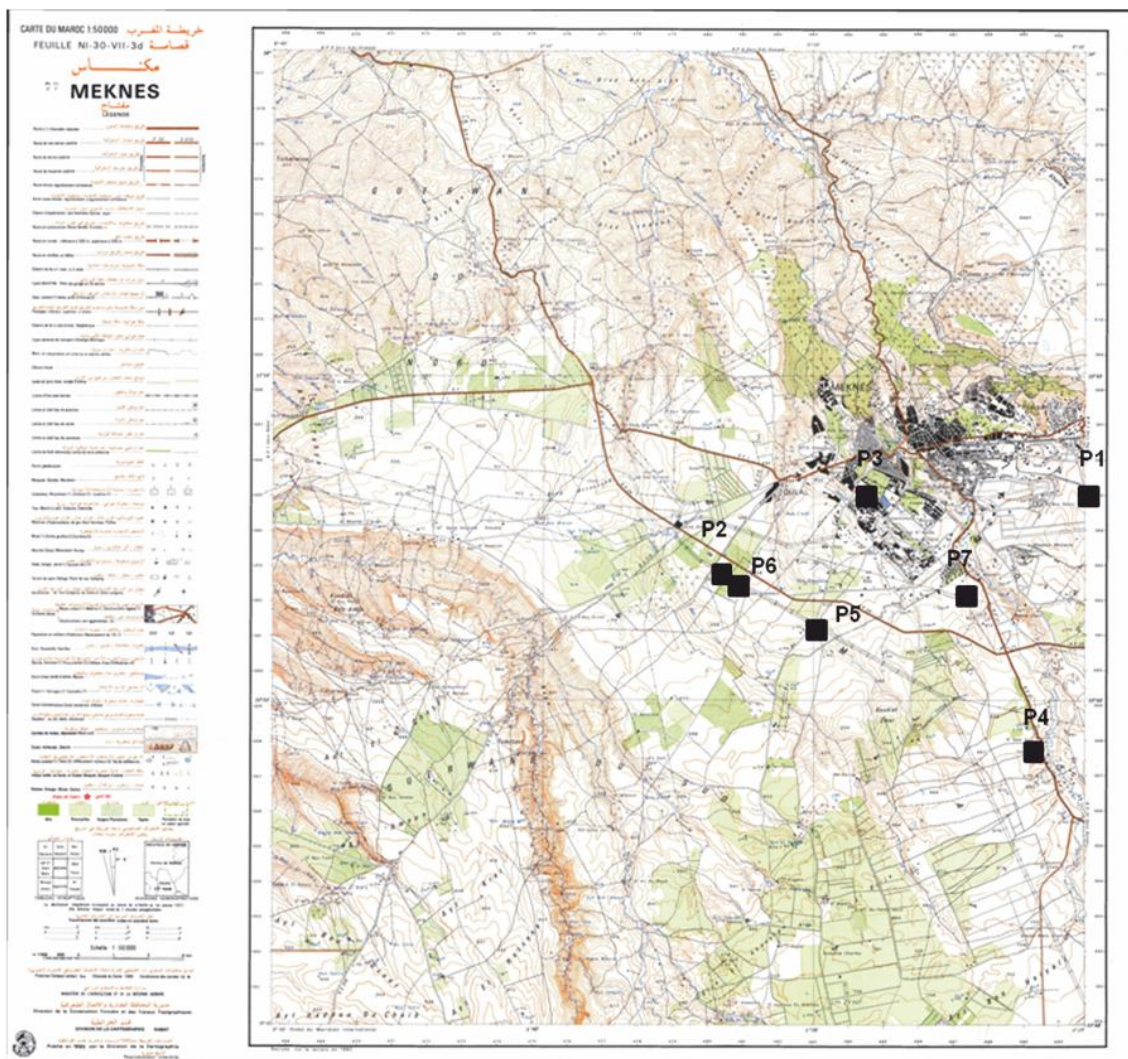


Figure 1: Carte représentative des points de suivi de la ville de Meknès

### Fréquences de prélèvement:

Au total, nous avons effectué 24 prélèvements pour l'analyse physico-chimique et 48 prélèvements pour l'analyse bactériologique. Tous ces prélèvements ont été réalisés dans 8 puits numérotés de 1 à 8.

Le puits 8 est pris comme

puits témoin, parce qu'il est bien aménagé et surveillé régulièrement par des analyses périodiques rapprochées.

### Techniques de prélèvement:

#### Analyses effectuées au laboratoire :

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au sein de la RADEM et les analyses bacté-

riologiques ont été effectuées au sein de Laboratoire de Diagnostique Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu de Meknès.

Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques et bactériologiques doivent être stockés à une température comprise entre 0°C et 4°C pendant 24 heures au maximum après le prélèvement.



### Recherche des paramètres physico-chimiques:

la conductivité électrique, la demande biologique en oxygène DBO5, la dureté totale, les nitrates sont les paramètres déterminés selon les méthodes décrites par (Rodier et al., 2009).

### Recherches des paramètres microbiologiques:

les micro-organismes revivifiables (GT), fécaux (CF) "*Escherichia Coli*", les coliformes fécaux et les salmonelles ont été déterminés respectivement selon les normes marocaines (NM. ISO 6222. 2007), (NM. ISO 9803-1. 2007), (NM ISO. 7899-2. 2007) et (NM 03.7.050 . 2007).

### Résultats et discussion:

#### Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits:

L'étude en question a été étalée sur trois mois (avril, mai et juin), ce qui nous a permis de faire une étude saisonnière. Une saison hivernale (mois d'avril et de mai 2011) qui a connu des précipitations importantes et une saison estivale (mois de juin 2011) qui a connu une augmentation de la température.

#### La conductivité électrique:

La conductivité électrique est déterminée par la dissociation en anion et cation des substances en solution dans l'eau. Ce paramètre est un bon indicateur du degré de minéralisation de l'eau. Elle s'exprime en s/cm.

La conductivité électrique varie entre 725,5  $\mu\text{s/cm}$  et 2600  $\mu\text{s/cm}$

(Puits témoin N°8) (Puits N°3) pour la saison hivernale, et entre 700  $\mu\text{s/cm}$  et 3000  $\mu\text{s/cm}$  pour la saison estivale (Figure 6).

D'une manière générale, les résultats obtenus montrent une augmentation de la valeur de la conductivité électrique en allant du mois d'avril au mois de juin. En conjugaison avec le facteur de température de l'eau, ceci pourrait être s'expliqué par le lessivage des sels des sols agricoles situés aux alentours de la zone d'étude, de la dissolution de certaines substances minérales provenant, soit des roches avoisinantes de la nappe soit, de la minéralisation des substances organiques d'origines diversifiées (décharge publique ou autre) rejoignant la nappe par infiltration. Cette élévation de la conductivité électrique a été mentionnée dans les eaux de puits de la ville de Fès (El haissoufi et al., 2011) et dans les eaux souterraines de la ville de

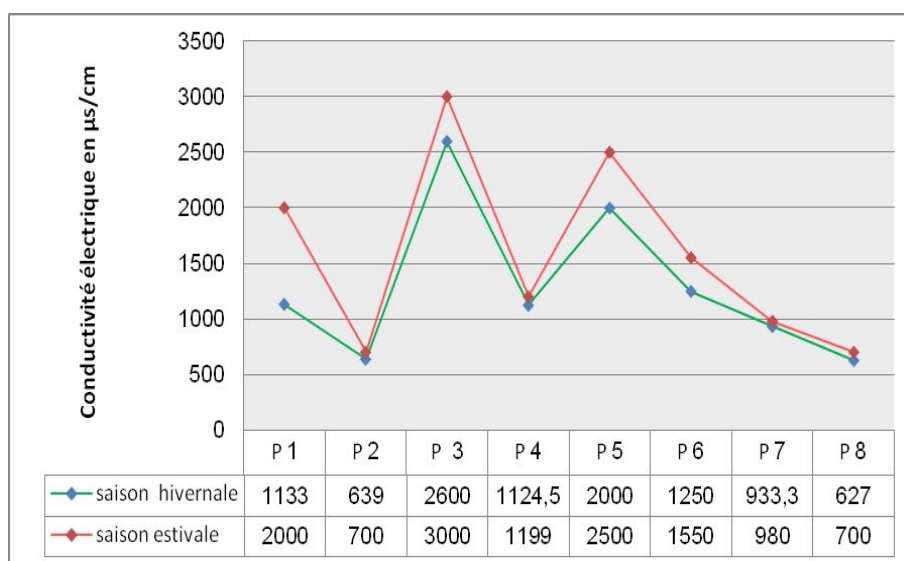


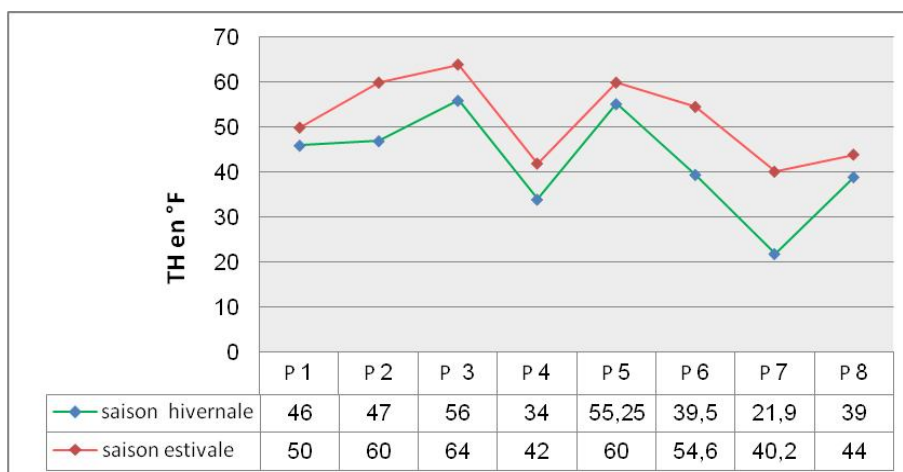
Figure 6: Valeurs moyennes de la conductivité électrique des eaux de puits durant la période d'étude.

#### La dureté totale:

D'après les résultats obtenus, on constate que la dureté la plus faible est observée dans la saison hivernale au niveau des puits

4 et 7, alors que la valeur la plus forte est observée au niveau du puits 3 (figure 8). Dans la saison estivale, tous les puits ont une dureté supérieure à 30 °F. Ce qui permet de classer l'eau analysée dans la classe

des eaux très dure (Amhoud, 1999). Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés par l'eau. Cette analyse montre que l'eau de la ville de Meknès est très dure.



**Figure 8:** Valeurs moyennes du titre hydrotimétrique des eaux de puits durant la période d'étude.

### Demande biologique en oxygène:

Les eaux des puits étudiées ont montré des valeurs relativement élevées en DBO<sub>5</sub>, surtout dans les puits N° 3 et 5 qui enregistrent des valeurs variant respectivement entre une concentration minimale dans la saison hivernale de 225 et 225 mg/l et une concentration maximale dans la saison estivale de 300 et 400 mg/l (figure 12).

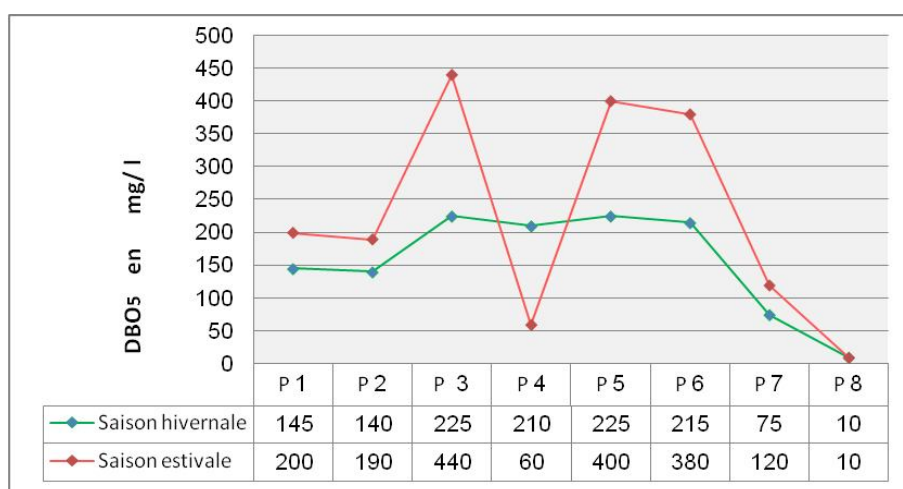
L'augmentation des valeurs de la DBO<sub>5</sub> pourrait être expliquée par la pollution organique émanant des activités anthropiques. Concernant le puits N° 3, les rejets liquides du centre commercial Marjane pourrait

être responsable à cette pollution organique, de même le fumier des vaches autour de ce puits et l'épandage des déjections animales augmentent la possibilité de contamination de la nappe phréatique par des agents pathogènes (Conboy et Goss, 2000), et la présence des fosses septiques sont les principales causes de cette contamination.

Les eaux usées et l'évacuation des déchets ménagers sont les causes de la pollution organique enregistrée dans le puits N° 5. Les eaux usées sont rejetées, souvent sans traitement préalable, dans les oueds qui traversent la ville de Meknès (El addouli et al., 2009).

Les puits N° 1, 2, 4, 6, 7 dépassent aussi les normes Marocaines des eaux de consommation (Ministère de l'environnement, 2002), et qui placent les eaux souterraines étudiées dans la classe 4 de mauvaise qualité, étant donné que les valeurs de la DBO<sub>5</sub> dépassent 10 mg/l.

Par contre le puits N° 8 répond aux normes, et enregistre une valeur de 10 mg/l. Ceci traduit sans doute une diminution de la charge organique de ce puits selon leur éloignement de la source susceptible d'être à l'origine de la matière organique et des microorganismes responsables de sa dégradation.



**Figure 12:** Valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> des eaux de puits durant la période d'étude.

## Les nitrates:

Les études qui ont été réalisées par le bureau d'étude du bassin hydraulique de Fès, indiquent un taux élevé de nitrate dans la région de Meknès, qui est dû à l'utilisation de grandes quantités d'engrais chimiques (Berrada.L, 1993; Amhoud, 1999).

Les résultats des analyses des nitrates montrent que leurs teneurs oscillent entre 31 mg/l au puits 8 et 155 mg/l au puits 3 dans la saison hivernale et entre 32,73 et 177,35 mg/l au niveau de ces puits dans la saison estivale (figure 17).

Les teneurs en nitrates dans les eaux prélevées enregistrées dans les puits 1, 2, 3, 4 et 5 dépassent les 50 mg/l stipulés par les normes Marocaines et internationales (OMS), ce qui indique une contamination de la nappe. Cette altération de la qualité de certains puits de la nappe par les nitrates pourrait être attribuée aux rejets ponctuels et dispersés des produits d'élevage et aux eaux usées qui n'ont fait l'objet d'aucun traitement préalable.

Certains facteurs semblent favoriser cette contamination tels que: la présence des fosses septiques, l'agriculture de l'olivier (puits 2), terrain agricole (puits 1), le manque d'entretien (puits 3 et 5), les rejets des eaux usées domestiques (puits 5), l'agriculture du blé et les rejets liquides du centre commerciale Marjane (puits 3).

## Résultats des analyses bactériologiques:

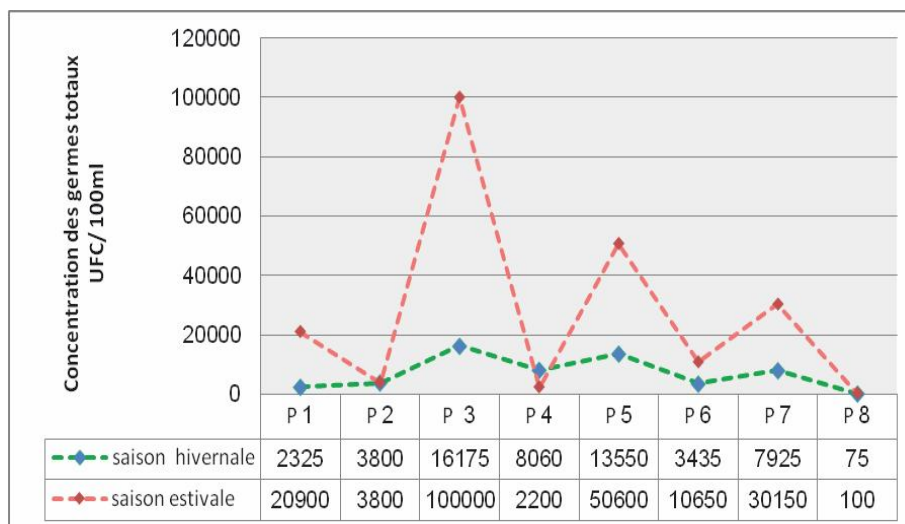
### Dénombrement des microorganismes revivifiables:

Le taux des germes totaux est généralement élevé au niveau des eaux de puits étudiés sauf le puits 8, qui a enregistré une valeur assez faible.

Les puits 1, 3, 5, 6 et 7 ont connu des concentrations élevées, surtout dans la saison estivale, respectivement de l'ordre de  $20,9.10^3$ ,  $10^5$ ,  $5,06.10^4$ ,  $10,65.10^3$  et  $30,15.10^3$  UFC/ 100 ml (figure 20).

La forte contamination des puits par les germes totaux pourrait être due à:

- La mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert) (puits 3 et 5).
- La méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène (puits 1, 2, 3, 4, 5 et 7).
- Les puits se trouvent dans des terres agricoles (puits 2, 3 et 6).
- Absence d'un réseau d'assainissement (2 et 3).
- Élevage du bétail à Côté des puits (puits 3).
- Existence des fosses septiques et des latrines (puits 2 et 3).
- L'utilisation des seaux contaminés (puits 3 et 5).



**Figure 20:** Valeurs moyennes des germes totaux des eaux de puits durant la période d'étude.

## Dénombrement des coliformes fécaux:

La présence des coliformes fécaux (CF) en grande quantité témoigne d'une contamination fécale récente (Rodier, 1984). La recherche des coliformes dépend de la qualité sanitaire d'une eau ou d'un produit alimentaire (Leclerc, 1987) et leur dénombrement permet d'estimer l'importance de la

contamination de l'eau par les excréments humains ou animaux.

Selon les valeurs de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS), une eau de puits doit être exempte de contamination fécale, c'est-à-dire ne doit pas contenir des coliformes fécaux.

D'après les résultats obtenus, la moyenne de la concentration des coliformes fécaux dénombrées varie entre 0 UFC/ 100 ml au niveau du

puits 8 et 750 UFC/ 100 ml au niveau du puits 3 dans la saison hivernale. Tandis que la saison estivale a enregistré des valeurs variant entre 0 UFC/ 100 ml au niveau du puits 8 et 2275 UFC /100 ml au niveau du puits 3 (figure 22). Il ne faut pas utiliser l'eau de ce puits pour l'irrigation, puisque sa concentration ne répond pas aux normes Marocaines pour l'irrigation (1000 UFC/100ml).

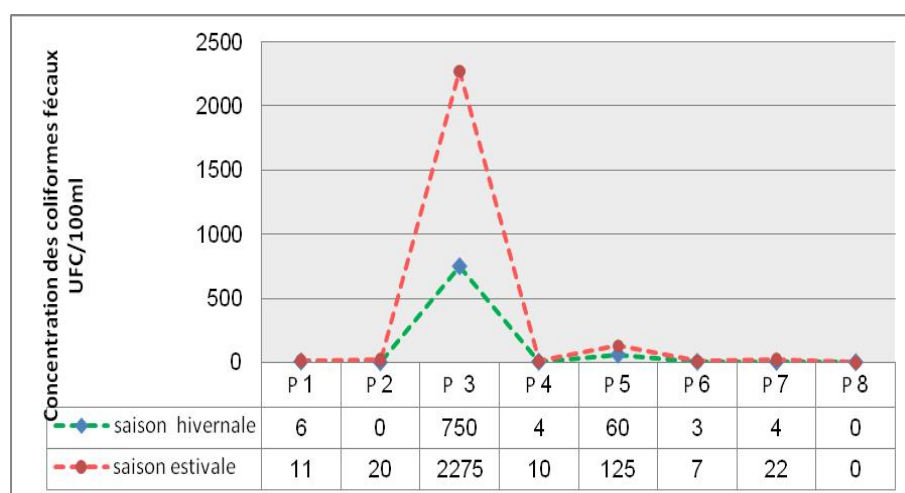


Figure 22: Valeurs moyennes des coliformes fécaux des eaux de puits durant la période d'étude.

Les CF atteignent des concentrations importantes au mois de juin au niveau des puits 1, 2, 4, 5, 6 et 7 liées à la charge organique accrue (BDO,)et une élévation de la température en été ce qui favorise une multiplication des CF.

Les coliformes fécaux détectés au niveau des puits 3 et 5 sont tous des *Escherichia coli* (figure 23). Cette présence est due à une contamination des puits par des matières fécales d'origine humaine ou animale. La matière fécale humaine ou animale présente au tour du puits 3, pourrait gagner ce puits et contribue à sa contamination bactérienne. L'absence d'un réseau d'assainissement au niveau du quartier où se trouve le puits 5 et sa proximité des eaux usées est à l'origine de cette contamination. La

forte contamination des puits par les coliformes fécaux pourrait être due à:

- La mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert).
- La méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène.
- Les puits se trouvent dans des terres agricoles.
- Absence d'un assainissement liquide.
- Élevage du bétail à côté des puits.
- Existence des fosses septiques et des latrines.
- L'utilisation des seaux contaminés.

Cette contamination a été mentionnée dans les eaux de puits de la ville de Fès (El haissoufi et al., 2011).

## Dénombrement des entérocoques fécaux:

La teneur en entérocoques fécaux (EF) dans es eaux souterraines oscille entre la valeur minimale 0 UFC/ 100 ml au niveau du puits 8 et 470 UFC/ 100 ml au niveau du puits 3 dans la saison hivernale. Tandis que les valeurs enregistrées en été sont respectivement de l'ordre 0 et 1400 germes/ 100 ml au niveau des mêmes puits (figure 25).

La forte contamination des puits par les EF pourrait être expliquée par une pollution fécale d'origine animale ou humaine (fausse septique, utilisation des fertilisants pour les terres agricoles avoisinant les puits...).

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine ou dans des puits doit faire soupçonner une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (Simmons et al.,

2001) font ainsi état d'une certaine corrélation entre la présence d'entérocoques et celle de coliformes fécaux dans une eau de consommation non traitée. De manière plus probante, Charrière et

al. (1994) ont clairement démontré que la détection d'entérocoques était fortement associée à la présence d'*E. coli* dans des réseaux de distribution approvisionnés par des eaux souterraines.

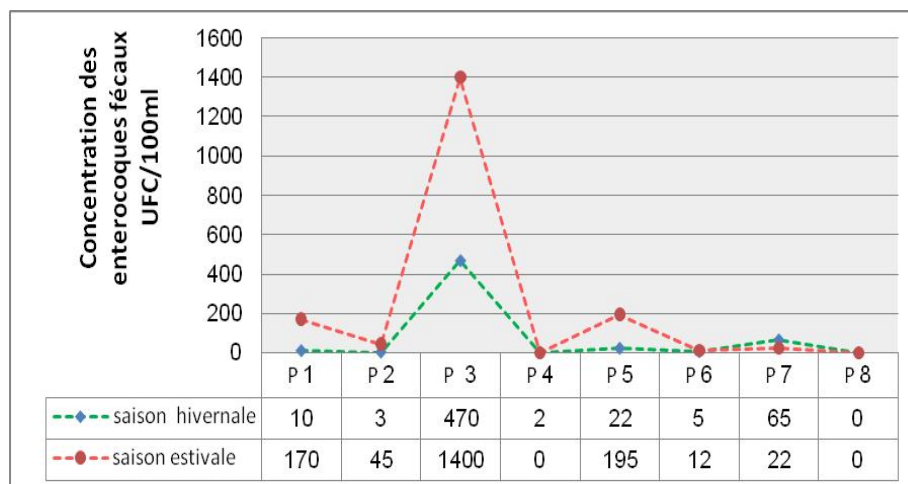


Figure 25: Valeurs moyennes des entérocoques fécaux des eaux de puits durant la période d'étude.

### Salmonelles:

Pour ce qui est des germes pathogènes du genre *Salmonella*, elles n'ont pas été détectées dans les eaux des puits étudiées durant toute la période d'étude, malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale. L'existence probable de ces germes à l'état viable non cultivable remettrait en question les techniques de culture classique utilisée.

### Conclusion et Recommandations:

L'analyse des valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques montre une forte contamination de la plupart des puits étudiés surtout les puits 3 et 5, à l'exception du puits 8.

L'ensemble des eaux analysées ne devraient normalement pas être destinées à la consommation humaine, ceci est vrai quelle que soit la source d'approvisionnement

considérée. Chaque échantillon présente une contamination fécale significative, qu'elle soit d'origine humaine, animale ou mixte.

Les résultats du présent travail permettront de mettre à la disposition des autorités des données de base susceptibles d'être exploitées dans le cadre de l'amélioration de la qualité des eaux de puits. Pour lutter contre la pollution de l'eau souterraine, la mesure la plus facile à appliquer consiste à mener une large campagne de sensibilisation au profit des populations riveraines des points d'eaux. Pour améliorer la qualité des eaux de puits nous proposons les solutions suivantes:

☞ Sensibiliser les populations et les inciter à traiter l'eau des puits avant consommation, et leur rassurer qu'on peut faire éradiquer toutes les maladies d'origine hydrique par un approvisionnement suffisant en eau salubre et par l'amélioration de l'assainissement et des conditions d'hygiène. Ceci doit

se faire en collaboration avec les services de la santé, l'agriculture et la municipalité qui agissent en permanence par la chloration des puits.

☞ Sensibiliser les agriculteurs pour une utilisation rationnelle des engrais chimiques, dans le but d'empêcher la contamination chimique des eaux souterraines.

☞ **A s s u r e r** l'approvisionnement en eau par le réseau d'adduction moderne fournissant de l'eau potable aux quartiers non assainis.

☞ Des mesures doivent être prises pour une meilleure évacuation des eaux usées et une meilleure conception des fosses septiques.

☞ Construire les latrines:

- Dans les zones non fissurées.
- Le respect d'une distance de quinze mètres entre les latrines et les puits.



☞ Exiger le respect des normes de protection des puits.

- Revêtement intérieur : le puits doit être étanche et sa profondeur doit être suffisante.
- Revêtement extérieur : il comprend généralement, une margelle, un couvercle, une pompe et une plate forme.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abdouh M., El Atrouz A., Mechkouri A. (2004).** Profil environnemental de Meknès. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement.

**Agence du Bassin Hydraulique de Sebou. (2006).** Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou. Mission I: Evaluation des ressources en eau du BASSIN DE SEBOU.

**Agoumi A et Debbarh A. (2006).** Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développement (1955-2005).

**Aghzar N., Berdai H., Bellouti A., Souidi B. (2002).** Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc). *Revue des sciences de l'eau*. p: 459-492.

**Ait melloul A., Amahmid O., Hassani L. et Bouhoum K. (2002) :** Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco) *International Journal of*

*Environmental Health Research* 12: 17-23.

**Amhoud T. (1999).** Epidémiologie, bactériologie et étude physico-chimique des eaux souterraines de la province de Meknès.

**Bahir M., et Mennani A. (2002).** Problématique de la gestion des eaux souterraines au Maroc. *Estudios Geol* , 58: pp 103-108.

**Berrada L. (1993).** Modélisation de transfert des nitrates dans la nappe Tadla, la recherche nationale dans le domaine Eau et Environnement. KPEE. Casablanca 18-19 Fev.

**Bitton G. (1999).** Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons, 578 p.

**Bonde G. (1977).** Bacterial indicator of water pollution. *Aquat. Microbi.* p: 273-364.

**Bouaicha, R et Benabdelfadel A. (2010).** Variabilité et gestion des eaux de surface au Maroc. Direction de la recherche et de la planification de l'eau , vol. 21.

**Capizzi S et Schwartzbrod J. (1998)** . Helminth eggs concentration in wastewater: Influence of rainwater, *Water Sciences and Technology*, 38, 77-82.

**Chapman D et Kimstach V. (1996).** Selection of water quality variables. *Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2<sup>nd</sup> ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.

**Charrière G., Mossel D., Beaudou P et Leclerc H. (1994).** Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of enterobacteriaceae and of selection of *Enterococcus* spp. For the official monitoring of drinking water supplies *journal of Applied bacteriology*, 76 :336-244.

**Charrière G., Mossel D., Beaudou P et Leclerc H. (1994).** Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of enterobacteriaceae and of selection of *Enterococcus* spp. For the official monitoring of drinking water supplies *journal of Applied bacteriology*, 76 :336-244.

**Conboy M. J. et Goss M. J. (2000).** Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin, *Journal of Contaminant Hydrology*, 43(1), 1-24.

**El addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A., Karrouch L. (2009).** influence des eaux usées, utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oeud bouishak - région de Meknès (centre-sud du Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 3, N°1, p : 56-75.

**El haisoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M, Idir M., Zanibou A., Bennis Y et El ouali lalami A. (2011).** Pollution des eaux de puits de certains

quartiers de la ville de Fès, Maroc, *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 5, N°1, p : 37-68.

**Elmund G., Allen M et Rice E. (1999).** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ. Res., 71, p: 332-339.

**Essahlaoui A. (2000).** Contribution à la connaissance des formation aquifères dans le bassin de Meknès-Fès (Maroc): prospection géoélectrique, étude hydrogéologique et inventaire de ressource en eau, Thèse de Doctorat en Science Appliquées, Ecole Mohammadia d'ingénieurs, Rabat, 258p.

**Gleeson C et Gray N.(1997).**The coliform index and waterborne disease. E & FN Spoon, 194 p.

**Hassoune El M., El kettani S., Koulali Y., et Bouzidi A., (2010).** Bacteriological contamination of ground water from wastewater of

Settat-city, Morocco. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 4, N°1, p : 1-21.

**Hassoune E., Bouzidi A., Koulali Y et Hadarbach D. (2006).** Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n°28, 61-71.

**Leclerc. (1987).** le point sur les problèmes de pathogène lié à l'usage de l'eau. Bulletin de NVT.P: 73-78.

**Ministère de l'environnement. (2002).** Normes marocaines relatives aux eaux destinées à la production des eaux de boisson. Bulletin officiel n° 5062. 4p.

**Pulim, 2 octobre .(1991).** L'eau et la santé en Afrique tropicale

colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges.

**Rodier J. (1984).** l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. E. Dunod Paris. 6<sup>ème</sup> édition.

**Rodier J.(1996).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 1350p.

**Rodier J. (2009).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Dunod, Paris. 9<sup>ème</sup> édition.

**Simmons G., Hope V., Lewis G., Whitmore J et Gao W.(2001).** Contamination of potable roof-collected rainwater in unckland, New Zealand. Water Research, 35:1518-1524.