



## Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc (Microbiological Control wastewater domestic and industrial city of Fes Morocco)

A. El Ouali Lalami<sup>1\*</sup>, A. Zanibou<sup>2</sup>, K. Bekhti<sup>3</sup>, F. Zerrouq<sup>4</sup>, M. Merzouki<sup>5</sup>

1- Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu,  
Direction Régionale de la Santé, Hôpital EL GHASSANI, Fès Maroc.

2- Service Préfectoral d'Hygiène du Milieu, Délégation Médicale de Fès, Hôpital EL GHASSANI, Fès, Maroc.

3- Laboratoire de biotechnologie microbienne, Faculté des Sciences et Techniques Saiss, Fès, Maroc.

4 - Laboratoire de Catalyse, Matériaux et Environnement, Ecole Supérieure de Technologie, BP 2427 Fès, Maroc.

5- Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, BP : 1796, Atlas, Fès, Maroc.

\*E-mail de l'auteur correspondant : [eloualilalami@yahoo.fr](mailto:eloualilalami@yahoo.fr)

### Résumé

En absence d'une station adéquate de traitement des eaux usées de la ville de Fès située au centre-nord du Maroc, ces dernières sont directement déversées dans les cours d'eau. Dans le cadre de la surveillance des maladies à transport hydrique (choléra, typhoïde, hépatite, parasitoses...) et afin d'évaluer les dégâts consécutifs, nous avons mené une étude microbiologique, pendant la période printanière et estivale des années 2010, 2011 et 2012, au niveau de neuf stations collectrices des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès. Les résultats obtenus de l'évolution de la pollution bactériologique et parasitologiques montrent une pollution importante traduite par la présence et l'identification de souches de *Salmonella typhi* et de souches de parasites notamment les kystes de protozoaires *Entamoeba histolitica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec des teneurs moyennes de l'ordre de  $4,3 \times 10^4$  kystes/l;  $8,4 \times 10^3$  kystes/l et  $5,2 \times 10^4$  kystes/l respectivement et des œufs d'helminthes à des concentrations moyennes de 2 à 33 œufs/l. Les vibrions cholériques n'ont pas été décelés dans les eaux de toutes les stations étudiées. Le nombre des microorganismes rencontrés dépasse les valeurs indiquées par les directives de l'OMS et les normes Marocaines en vigueur. Les microorganismes rencontrés peuvent être à l'origine d'un risque sanitaire notamment la cause d'infections bénignes ou graves : gastro-entérite, diarrhée, ascarirose, dysenteries, hépatites, typhoïdes, leptospirose ...

**Mots clés :** Eaux usées, pollution microbienne, risque sanitaire, Fès, Maroc.

### Abstract

In absence of an adequate station of wastewater treatment of the town of Fès, which is located in the center - north of Morocco, these last are directly poured in the rivers. Within the framework of the monitoring of the hydrous transportable diseases (cholera, typhoid, hepatitis, parasitoses...) and in order to evaluate the consecutive damage, we carried out a microbiological study, for the spring and estival period of the years 2010, 2011 and 2012, over nine stations collecting domestic and industrial wastewater of the town of Fès. The results obtained of the evolution of bacteriological and parasitological pollution show a significant pollution represented by the presence and identification of species of *Salmonella typhi* and of parasites particularly the cysts of protozoan *Entamoeba histolitica*, *Entamoeba coli* and *Giardia lamblia* with average contents of about  $4,3 \times 10^4$  cysts/l;  $8,4 \times 10^3$  cysts/l and  $5,2 \times 10^4$  cysts/l respectively, and of helminths eggs with average concentrations from 2 to 33 eggs/l. The choleric vibrios were not detected in all the studied stations of wastewater. The number of the micro-organisms met exceeds the limits indicated by the directives of WHO and the Moroccan standards into force. The micro-organisms met can be at the origin of a medical risk in particular the cause of mild or serious infections: gastro-enteritis, Diarrheic, ascariasis, Dysenteric, hepatitis, typhoid, leptospirosis...

**Key words:** Wastewater, microbial pollution, medical risk, Fez, Morocco.

### 1. Introduction

Nombreuses maladies qui affectent la population de la planète sont liées en partie à l'insuffisance de l'évacuation des eaux usées domestiques et industrielles. Ces dernières sont devenues de plus en plus énormes devant le développement industriel, l'essor économique, l'expansion démographique et la grande densité des zones urbaines. Ces eaux usées constituent en absence d'un traitement un danger croissant pour la santé humaine et le milieu naturel à cause de leurs charges en matières chimiques toxiques et de micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites...). Elles constituent donc des menaces permanentes pour la santé aussi bien humaine

qu'animale [1-4]. Plusieurs études d'impact des effluents liquides, notamment au Maroc, sur la qualité des eaux souterraines ont accusé le rejet sans traitement des eaux usées [5-13].

Selon l'OMS, 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées à la pollution des eaux [14]. En effet, la plupart des microorganismes qui sont à l'origine des grandes épidémies historiques d'origine hydrique, ont pour habitat normal les intestins de l'homme et certains animaux à sang chaud. C'est pourquoi, le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau notamment les eaux usées paraissent de plus en plus indispensables.

La ville de Fès est la troisième ville du Maroc en nombre d'habitants, après Casablanca et Rabat-Salé avec une population de 1,4 million d'habitants. Elle est située au centre-nord du Maroc et constitue le cœur de la Région de Fès-Boulemane qui s'étend sur une superficie de 20,318 km<sup>2</sup>, soit 2,85 % de la superficie du Royaume.

Les rejets liquides représentent l'un des principaux problèmes environnementaux auxquels la région de Fès est confrontée, vu l'ampleur de la pollution générée par divers rejets liquides (industriels et ménagers) et son impact sur les ressources hydriques superficielles et souterraines [15-17]. Ils sont estimés à environ 29.630.528 mm<sup>3</sup>/an dont 91,7 % proviennent de la ville de Fès.

Les eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès sont rejetées sans traitement préalable dans les canaux d'eaux pluviales ou dans les lits de rivières (Oued El Mhraz, Oued Fès et Oued Sebou). Ces derniers étant à ciel ouvert en traversant des quartiers urbains et périurbains de la ville. Au cours de leurs passages, les riverains l'utilisent surtout pour l'irrigation de cultures céréalières et fourragères. La région de Fès connaît également une activité industrielle importante (huileries d'olives, textile, levureries, abattoirs, laiteries, usines de boissons, tanneries...) qui génère une pollution totale de 23 800 T /an dont 79,5 % sont issus de Fès.

Face à cette situation et dans le cadre du contrôle sanitaire et de la surveillance des maladies à transports hydrique, nous avons réalisé une étude pendant la période printanière et estivale des années 2010, 2011 et 2012 sur les effluents liquides de la ville de Fès par la caractérisation et l'évaluation des eaux usées domestiques et industrielles en analysant leurs paramètres bactériologiques et parasitologiques.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Lieu et période de l'étude

Notre étude a été réalisée pendant la période printanière et estivale des années 2010, 2011 et 2012. Neuf stations de prélèvements ont été choisies sur le réseau d'assainissement de la ville de Fès à proximité des agglomérations et au niveau des points d'intersection des effluents des collecteurs des eaux usées.

Les différents points choisis ont été caractérisés par des fiches techniques décrivant les types de pollutions rencontrées (domestique et/ou industrielle), leurs coordonnées topographiques, température de l'eau, température de l'air et les activités avoisinantes (Tableau 1).

**Tableau 1:** Caractéristiques des points de prélèvement des eaux usées.

Stations des eaux usées	Type de pollution	Cordonnées topographiques	Température de l'eau	Température de l'air	Utilisation
Ben Tato	Domestique et industrielle	W : 005 00.073 N : 33 03.221	21°C	22,8°C	Irrigation
Ain Boufaous	Domestique	W : 005 01.12 N : 33 03.756	19°C	20,22°C	Irrigation
Oued Zitoun	Domestique et industrielle	W : 005 04.349 N : 34 06.297	18,5°C	19,7°C	Irrigation
Wislan	Domestique	W : 005 04.453 N : 34 06.756	22°C	22,9°C	Irrigation
Pont de Lidou	Domestique	W : 00459.446 N : 34 01.786	22,5°C	23,7°C	Irrigation
Pont de Narjiss	Domestique et industrielle	W : 004 59.523 N : 34 01.717	23°C	23,4°C	Irrigation
Oued Fès	Domestique	W : 005 01,469 N : 34 02,866	19°C	21°C	Irrigation
Quartier Industriel Dokkarat	Industrielle	W : 005 60,997 N : 34 02,756	24°C	22,5°C	Irrigation
Pont Bab Lghoul	Domestique et industrielle	W : 004 59.823 N : 34 02.275	22,5°C	22°C	Irrigation

2.2.

### Echantillonnage

Des prélèvements hebdomadaires le matin entre 10h et 13h (Heure de rejet) ont été régulièrement effectués au niveau des stations choisies durant la période d'étude à raison d'un prélèvement par station.

Le prélèvement manuel destiné à l'étude bactériologique est effectué à la surface, au niveau d'une zone assez agitée par le courant de l'effluent où le risque de sédimentation est très faible. Celui destiné à l'étude parasitologique est effectué à 50 cm de profondeur de la surface de l'eau.

Le prélèvement est effectué dans des conditions d'asepsie rigoureuse pour éviter toute contamination accidentelle durant la manipulation, il est réalisé dans des flacons stériles qui sont soigneusement étiquetés, conservés dans une glacière maintenue à basse température (4°C) et transportés au laboratoire dans la même journée pour les analyses [18].

Le volume des échantillons analysés pour la recherche des salmonelles et des vibrions cholériques est de 500 ml pour chaque type de germe. Celui pour la recherche des parasites est de 1 litre. Ils sont définis dans les normes Marocaines en vigueur comme étant les volumes donnant les résultats les plus significatifs.

### 2.3. Méthodes d'analyses

#### 2.3.1. Etude microbiologique

##### 2.3.1.1 Analyses bactériologiques

**Recherche des salmonelles :** La recherche des salmonelles a été réalisée selon la Norme Marocaine : NM 03.7.050 [19] de l'année 1995 : un pré-enrichissement de 200 ml de l'eau à analyser est mélangé avec 200 ml de l'eau peptonée tamponnée à double concentration dans un flacon de 500 ml, ce dernier est incubé à 37°C pendant 6 à 18 heures. Un enrichissement de 0,1 ml du premier enrichissement est réalisé dans 10 ml du bouillon Rappaport puis incubé à 42°C pendant 18 à 24 heures. L'isolement est fait sur milieu sélectif, il consiste à ensemencer le milieu Hektoen à partir du bouillon d'enrichissement puis à une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

L'étape de l'identification consiste à isoler les colonies suspectes sur milieu Hektoen, lactose négatif à centre noir, qui sont par la suite repiquées sur milieu Kligler en tube et incubé à 37°C pendant 24 heures.

L'identification biochimique des souches suspectes de salmonelles a été réalisée par la galerie conventionnelle et la galerie API 20E et dont les caractères biochimiques sont comparables à ceux recherchés dans les méthodes conventionnelles d'identification. L'identification sérologique des souches suspectes a été faite par des sérums spécifiques aux souches salmonelles (sérums polyvalents T.A.B.C.).

L'identification des souches isolées et purifiées à partir des eaux usées par l'approche moléculaire et l'amplification de l'ADN par PCR a été réalisée au Centre Universitaire Régional d'Interfaces de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdallah à Fès.

**Recherche des vibrions cholériques :** Cette méthode est réalisée selon la norme Marocaine : NM 03.7.051 [20] de l'année 1995 et comporte les étapes suivantes :

- Un premier enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée dix fois concentrée à 37°C pendant 6 heures, suivie d'un deuxième enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée simple à 37°C pendant 6 heures.
- Un isolement sur milieu sélectif qui consiste à ensemencer le milieu TCBS (milieu Thiosulfate Citrate Bile Saccharose) à partir du bouillon d'enrichissement, puis une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Une identification des colonies suspectes sur milieu TCBS, saccharose positif (de 1 à 2 mm de diamètre) qui sont repiquées sur milieu Kligler et incubées à 37°C pendant 24 heures.

L'étude biochimique permet l'identification des bactéries à partir de plusieurs milieux biochimiques préparés comme le milieu Kligler, milieu Citrate de Simmons, viande-foie...etc. [21]. L'identification biochimique des souches suspectes a été réalisée par les galeries conventionnelles et /ou la galerie API 20 NE.

L'identification sérologique a été réalisée à l'aide de sérums spécifiques.

##### 2.3.1.2. Analyses parasitologiques

L'analyse parasitologique des eaux usées d'irrigation comporte principalement la recherche des oeufs d'helminthes et des kystes de protozoaires. Nous avons adopté la technique de Faust (méthode par flottation) qui consiste à la dilution directe du culot obtenu après centrifugation dans une solution de sulfate de zinc à 33 % (densité 1,18) à 1500 tours/min pendant 1 à 2 minutes [22]. Ensuite nous avons prélevé à l'aide d'une pipette la couche superficielle du surnageant dans lequel se trouve les parasites qu'on étale sur lame de Malassez pour identification puis dénombrement [23]. Le nombre total des œufs d'helminthes par litre (N) présent dans l'échantillon d'eau usée est calculé à l'aide de la formule suivante :  $N = X/P * V/S$ .

N : nombre d'oeufs par litre ; X : le nombre d'oeufs comptés ; P : volume de suspension introduit dans la cellule de numération en ml ; V : volume total de la suspension en ml and S : volume de l'échantillon d'eau usée (1 litre).

### 3. Résultats

La plus part des eaux usées étudiées sont utilisées pour l'irrigation. La température moyenne des eaux analysées est de l'ordre de 21,2°C et celle de l'air est de 22,02°C. La pollution d'origine domestique prédomine celle d'origine industrielle au niveau des stations des eaux usées étudiées.

#### 3.1. Analyses bactériologiques

Les résultats de la recherche bactériologique des germes pathogènes sont résumés dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Résultats des recherches bactériologiques durant la période d'étude

Stations collectrices des eaux usées	Recherche des salmonelles			Recherche des Vibrions cholériques		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Ben Tato	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Ain Boufaouz	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Oued Zitoun	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Wislan	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Pont de Lidou	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Pont de Narjiss	<b>Présence</b>	<b>Présence</b>	<b>Présence</b>	Absence	Absence	Absence
Oued Fès	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
QI Dokkarat	<b>Présence</b>	<b>Présence</b>	<b>Présence</b>	Absence	Absence	Absence
Pont Bab Lghoul	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Les résultats concernant la recherche des salmonelles dans les eaux usées ont révélé la présence, durant les années 2010, 2011 et 2012, de deux isolats suspects appartenant au genre *salmonella* respectivement dans la station du pont Narjiss et dans le collecteur du Quartier industriel du Dokkarat. Plus de 50% des échantillons d'eaux usées prélevés, durant la période d'étude, au niveau de ces deux stations ont été trouvé positif en *salmonella*.

Les résultats de l'identification de la souche de salmonelle de la station Dokkarat par la galerie conventionnelle et la galerie API 20E a confirmé l'appartenance de cette souche au genre *Salmonella spp.* Les résultats du test d'agglutination des souches de *Salmonella* isolées à partir des eaux usées confirment leur appartenance au genre *Salmonella*.

Les résultats de l'identification de la souche salmonelle du pont Narjiss durant 2010 et 2011 a été confirmé par la galerie conventionnelle et par une amplification par PCR dans le laboratoire de biotechnologie microbienne qui nous a permis d'identifier la souche comme une *salmonella typhi*.

La recherche de la bactérie *vibron cholérique*, dans nos prélèvements et pendant toute la période de l'étude, a montrée l'absence de celle-ci.

#### 3.2. Analyses parasitologiques

Les résultats de la recherche parasitologique des eaux usées ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires : des amibes et des flagellés intestinales ; et des oeufs d'helminthes : des plathelminthes, des Nématodes intestinaux et des Cestodes (Tableau 3).

Les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les eaux usées étudiées sont *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec des teneurs moyennes de l'ordre de  $4,3 \times 10^4$  kystes/l ;  $8,4 \times 10^3$  kystes/l et  $5,2 \times 10^4$  kystes/l respectivement. Pour les helminthes, l'analyse quantitative a permis de distinguer trois groupes d'helminthes dans les échantillons d'eau usée : les Plathelminthes, les Nématodes et les Cestodes. Le nombre moyen d'oeufs d'helminthes est nettement plus faible et varie selon les populations avec une nette prédominance des nématodes. Notre recherche parasitologique a permis de mettre en évidence les œufs d'*Ascaris sp.*, *Hymenolepis nana*, *Trichuris spp.*, d'*oxyure*, et *Fasciola hepatica* avec des teneurs moyenne de ces oeufs de l'ordre de 33 oeufs/l ; 15 oeufs/l ; 10,2 oeufs/l ; 5,7 oeufs/l et 2,2 oeufs/l respectivement.

**Tableau 3** : Résultats des recherches parasitologiques durant la période d'étude

Stations des eaux usées	Protozoaires				Helminthes				
	Flagellés		Amibes		Plathelminthes	Nématodes			Céstodes
	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Chilomastix mesnili</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Ascaris</i>	Oxyure	<i>Trichuris</i>	<i>Hymenolepis nana</i>
Ben Tato	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Ain Boufaouz	-	+	+	-	-	+	+	-	+
Oued Zitoun	+	-	+	+	-	+	+	+	+
Wislan	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Pont de Lidou	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Pont de Narjiss	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Oued Fès	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Quartier Industriel Dokkarat	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pont Bab Lghoul	+	-	+	+	+	+	-	+	+

Au niveau des différentes stations et à l'exception de la station Industrielle Dokkarat, nous avons noté la présence des parasites dans les eaux usées dans 80 à 100 % des échantillons.

#### 4. Discussion

De nos jours les eaux usées sont fréquemment réutilisables, soit pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères ; soit en industrie : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ; soit en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voiture et de voirie, arrosage de parcs, etc. ; soit pour la production d'eau potable ; soit pour la recharge de la nappe phréatique. L'eau peut donc jouer le rôle de vecteur d'agents microbiologiques potentiellement dangereux comme les salmonelles, les vibriens cholériques et les parasites [24].

La contamination peut se faire par l'intermédiaire des eaux récréatives (piscine, lac et rivières utilisées pour la baignade), des eaux de boissons provenant d'eaux de surface traitées, de végétaux irrigués [4] ou d'aliments contaminés lors de leur préparation.

##### 3.1. Analyses bactériologiques

La présence des salmonelles dans les eaux usées au niveau des deux stations Dokkarate et Pont Narjiss indique la non conformité de ces eaux avec les directives de l'OMS [25], la législation Marocaine : NM 03.7.050 et la norme des eaux destinées à l'irrigation décrites dans l'arrêté ministériel n° 1276-01 (2002) qui exigent l'absence des salmonelles dans ces eaux. Les salmonelles sont caractérisées par leur persistance dans les eaux usées (1 mois) et dans le sol (2 mois) qui constituent un milieu favorable pour leur multiplication [26].

Le nombre des Salmonelles dans les eaux usées étudiées est faible. Les données bibliographiques relatives à ce sujet sont très variées car la concentration de ces bactéries pathogènes dans les eaux usées dépend des conditions épidémiologiques et environnementales des régions où sont réalisées les études. Les résultats de certains travaux montrent que le nombre des salmonelles dans les effluents urbains non traités varie de quelques bactéries par 100 ml à des concentrations de même ordre de grandeur que celles des indicateurs fécaux [4,27-29].

Dans le cas de notre étude, le faible nombre des Salmonelles dans les eaux usées examinées peut s'expliquer par le caractère instantané des prélèvements, l'absence de porteurs de germe, une réduction de l'assimilation des nutriments ou par une baisse de la température ( $T^{\circ}$  moyenne des eaux usées = 21,2°C). En effet, la survie des bactéries d'origine anthropique dans l'environnement ne dépend pas uniquement de la qualité du milieu récepteur, mais également de leur historique avant rejet [30].

Par ailleurs, les Salmonelles occupent une place importante dans la pathologie humaine et animale. Ce sont les pathogènes les plus recherchés dans les eaux usées. L'étude sérologique des souches isolées à partir des effluents urbains fournit des informations utiles sur les sérotypes en circulation dans les populations qui génèrent ces effluents. D'après les informations disponibles à Fès [4], trois isolats appartenant au genre *salmonella* ont été isolées au laboratoire en 2007 à partir des échantillons d'eaux usées et de végétaux crus (laitue), le sérotype *salmonella typhi* figurent parmi les plus fréquemment isolés à partir des denrées alimentaires et de l'environnement. Les eaux usées des deux stations Pont Narjis et Quartier Industriel Dokkarat, contaminées par

les salmonelles sont souvent utilisées dans l'irrigation. Ceci pourrait constituer un risque sanitaire et un danger potentiel direct pour les utilisateurs de cette eau [31][32][4]. Comme c'est le cas de la station Bab Lghoul où se fait le lavage des voitures manuellement. Le risque de contamination par les salmonelles est très grand, sachant que nous avons rencontré une *salmonella spp* dans les eaux usées du Pont Narjiss qui coulent jusqu'à la station Bab Lghoul. L'utilisation de cette eau peut aussi engendrer des risques sanitaires pour les consommateurs des cultures maraîchères irriguées par cette eau le long de l'oued Mahraz et l'oued Sebou.

Dans la ville de Fès, la présence de l'espèce *salmonella typhi* dans les eaux usées et dans les cultures maraîchères notamment la laitue a été confirmée et rapporté par les travaux de Talouizte et al. [4]. Ce résultat concorde avec ce que nous avons trouvé.

Les bactéries pathogènes *Vibrio cholerae* n'ont pas été détectées dans les eaux usées au niveau de toutes les stations étudiées, ceci est en accord avec les travaux de Aboukacem et al. [12] et de Talouizte et al. [4].

Ceci pourrait être expliqué par l'effet de la température ( $T^{\circ}$  moyenne des eaux usées =  $21,2^{\circ}\text{C}$ ) sur le processus de prolifération des bactéries notamment le vibriion cholérique et également par l'absence de porteurs de la maladie. En effet, d'après les données épidémiologiques du Ministère de la Santé, aucun cas de choléra n'a été enregistré à Fès depuis 1995 et au Maroc depuis 1998 [33].

### 3.2. Analyses parasitologiques

Les résultats des analyses parasitologiques des eaux usées ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* et *Chilomastix mesnili* et des oeufs d'helminthes : *Ascaris sp*, *Hymenolepis nana*, *Trichuris spp*, *oxyure*, et *Fasciola hepatica*. Comme il a été rapporté dans la littérature par Alouni Z. [34] et Talouizte et al. [4].

Les oeufs et kystes retrouvés dans les eaux usées des différentes stations étudiées appartiennent aux embranchements des Protozoaires et Helminthes. Il faut souligner la prédominance des kystes de Protozoaires dans presque toutes les stations à l'exception de la station de Quartier industriel Dokkarat avec des fréquences d'échantillons positifs allant de 80 à 100 %.

Chez les Protozoaires, nous avons rencontré les Amibes et les Flagellés. Parmi les Amibes sont retrouvés les kystes d'*Entamoeba coli* et *Entamoeba histolytica* ; chez les Flagellés des kystes de *Chilomastix mesnili* et *Giardia lamblia*. D'une façon générale, ce dernier prédomine, sauf dans les eaux de la station de Ain Boufaouz, Wislan et Quartier Industriel Dokkart. Les kystes d'*Entamoeba coli* et *Entamoeba histolytica* se révèlent très fréquent presque dans toutes les stations.

Au niveau des Helminthes, ce sont les Plathelminthes, les Nématodes et les Cestodes qui ont été observés. Cela est en accord avec les observations de Stien et Schwartzbrod [35]. Chez les Nématodes sont observés des oeufs d'*Ascaris*, d'oxyure et *Trichuris*, chez les Cestodes des oeufs d'*Hymenolepis nana*. Les oeufs d'*Ascaris* et d'*Hymenolepis nana* sont relativement plus fréquents dans toutes les stations que les oeufs d'oxyure.

Toutefois, il est clair que les genres de parasites présents dans les eaux usées étudiées dépendent des conditions locales (présence d'abattoirs, taux d'infestation de la population...). Cependant nos résultats sont en accord avec les observations faites dans la plupart des pays européens [35] ainsi qu'au Maroc [22][4] : ce sont les oeufs de Nématodes qui prédominent.

Le résultat de l'étude parasitologique, concernant les eaux usées destinées à l'irrigation, est largement supérieur aux directives de l'OMS [25] et aux normes Marocaines de la qualité des eaux destinées à l'irrigation décrites dans l'arrêté ministériel n° 1276-01 (2002). En effet, l'OMS exige une concentration en oeufs qui doit être inférieure ou égale à 1 oeuf/l et la norme marocaine exige l'absence totale des kystes et d'oeufs de parasites dans ces eaux. La présence des nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris spp*, et *Trichuris spp* dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la santé et pour la réutilisation de ces eaux en agriculture.

La voie la plus fréquente pour conduire à l'infection est la contamination des cultures. Les oeufs d'helminthes et kystes de parasites peuvent être transmis facilement aux consommateurs surtout s'il s'agit des cultures maraîchères consommables crues.

Des études faites par Chival et al. [36], Blum et Feachem [37], ainsi que par Strauss en 1985 [38], ont aboutit à un modèle de risques associés à l'utilisation agricole des eaux usées. Ce modèle montre que le nombre d'infections est élevé par les Nématodes intestinaux (*Ascaris*, *Trichuris*...). Il est plus faible pour les infections causées par des bactéries fécales et des virus entériques.

D'autres germes éventuellement pathogènes (staphylocoques, *Echerichia coli*, entérocoques intestinaux...) peuvent cohabiter avec les parasites dénombrés, ce qui aura un impact direct sur la santé des utilisateurs et surtout les plus jeunes et les plus vieux d'entre eux. En effet, la consommation des denrées alimentaires notamment les végétaux crus et l'utilisation des eaux contaminées par ces micro-organismes pourrait augmenter chez l'homme le

nombre de la flore intestinale déjà riche et variée, ce qui peut engendrer un déséquilibre métabolique [39] et des risques sanitaires graves.

L'effet nocif des eaux usées sur la qualité des eaux superficielles et souterraines et également sur la qualité des denrées alimentaires et la santé humaine a été démontré par plusieurs études [9][40][3][4]. En effet, les eaux usées urbaines contiennent beaucoup de nutriments (macronutriments N, P, K, Ca, Mg et micronutriments Fe, Zn, Cu, Mn...) qui sont fortement utilisés par les populations bactériennes [41].

Les résultats trouvés dans cette étude confirment comme ceux de plusieurs auteurs, la présence d'une source importante de pollution et qui est à l'origine de l'instauration de milieux propices au développement bactérien. Ils réaffirment également l'intervention humaine dans la détérioration des ressources et richesses naturelles notamment par les rejets urbains domestiques et industriels non traités.

## Conclusion

La réutilisation des eaux usées sans aucun traitement préalable, entraîne des risques sanitaires potentiels vu qu'elles sont riches en micro-organismes pathogènes et matières chimiques toxiques telles que les métaux lourds.

Le suivi de l'évolution de la pollution microbiologique des eaux usées dans neuf stations de prélèvement d'eaux usées a montré la présence de deux souches de salmonelle l'une *Salmonella spp* et l'autre *Salmonella Typhi* et l'absence de vibron cholérique.

L'étude parasitologique a prouvé la présence des kystes de protozoaires : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* et *Chilomastix mesnili*, et des oeufs d'helminthes : *Ascaris sp*, *Hymenolepis nana*, *Trichuris spp*, *oxyure*, et *Fasciola hepatica*.

Les eaux usées analysées sont déconseillées pour être utilisées dans n'importe qu'elles activités.

La station de traitement des eaux usées de la ville de Fès par les boues activées aura un impact positif sur la qualité des eaux de l'oued Sebou. De ce fait, les eaux usées traitées pourraient être utilisées en irrigation des cultures végétales sur la rive de l'oued Sebou sans risque sanitaire pour l'homme ou l'animal.

**Remerciements** : Nous tenons à remercier en particulier les Techniciens d'Hygiène du Milieu de la Délégation Médicale de Fès, tous les cadres des Bureaux Communaux d'Hygiène ainsi que toutes personnes ayant donné un soutien de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Références

1. Ait melloul A., Amahmid O., Hassani L. et Bouhoum K. 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 (2002)17– 23.
2. Nimri L.F., El Nasser Z. et Batchoun R. Polymicrobial infections in children with diarrhoea in a rural area of Jordan. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*. 42 (2004) 255–259.
3. El Kettani S. et Azzouzi EM. Prévalence des helminthes au sein d'une population rurale utilisant les eaux usées à des fins agricoles à Settat (Maroc). *Environnement, Risques et santé* (2) (2006) pp. 99-106.
4. Talouizte H., Merzouki M., El Ouali Lalami A., Bennani L., Benlemlih M. Evolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de Fès au Maroc, *Tribune de l'eau*. 642 (2007).
5. Zakari H., Fekhaoui M. et Bahou J. : Etude de la contamination bactériologique de l'Oued de Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès : Bull. Inst. Sc., Rabat, 17 (1993) 47-55.
6. Lyakhloufi S., ER-Rouane S., Ouazzani N. et EL Hebil A. Vulnérabilité et risque de pollution de la nappe du Haouz de Marrakech (Maroc). *Hydrogéologie* 3 (1999) 43-52.
7. Chalbaoui M. Vulnérabilité des nappes superficielles et subaffleurantes du sud-ouest tunisien. *Sécheresse* n°2, 11 (2000) 85-91.
8. Tazi O., Fahde A. et El Younoussi S. Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca- Maroc. *Sécheresse* 12(2) (2001) 129-34.
9. Kholtei S., Bouzidi A., Bonini M., Fekhaoui M., Sbai K., Anane R. et Creppy E. Contamination des eaux souterraines de la plaine de Berrechid dans la région de la Chaouia, au Maroc, par des métaux lourds présents dans les eaux usées : Effet de la pluviométrie. *Vecteur Environnement* (5) (2003) 68-81.
10. El Guamri Y. et Belghyti D. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc) : *Journal Africain des Sciences de l'Environnement* 1 (2006) 53-60.
11. El Mostafa H., Bouzidi A., Koulali Y. & Hadarbach D. 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 28 (2006) 61-71.
12. Aboukacem A. Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Rev. Microbiol. Ind.San.et Environn* 1 (2007) 10-22.
13. El mostafa H., El kettani S., Koulali Y. et Bouzidi A. Contamination bactériologique des eaux souterraines par les eaux usées de la ville de Settat, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 4*, 1(2010) 1-21.



14. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Guidelines for drinking-water quality. Vol.1. Recommendations, 3rd, Ed. World Health Organization. Geneva (2004).
15. Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L., Belghyti D. : Evaluation de la qualite des eaux de surface des oueds fes et sebou utilisees en agriculture maraichere au maroc. *Larhyss*, ISSN 1112-3680 07 (2008) 59-77
16. El Ouali Lalami A., Merzouki M., Bennani L., Maniar S., Amezaine Hassani F., El Harch M., Oumokhtar B. Etude bactériologique et parasitologique de l'eau de l'oued de Sebou après rejet des eaux usées de la ville de Fès au Maroc ; *Tribune de l'eau* 64/4(2008) 50-55.
17. El Ouali Lalami A., Merzouki M., El Hillali O., Maniar S., Ibsouda Koraichi S. Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc : Typologie, origine et conséquences. *Larhyss*, ISSN 1112-3680, 09 (2011) 55-72.
18. Azizi A., Lamgaddam M., and Jad M., Guide pour les activités d'hygiène du milieu en zone rurale. Fonds des nations unies pour l'UNICEF, Rabat (1990) 89.
19. Norme Marocaine 03.7.050, 1995. B.O.N°4362 du 21 Mars 1996.
20. Norme Marocaine 03.7.051, 1995. B.O.N°4362 du 21 Mars 1996.
21. Marchal N., Bourdon J.L. et Richard Cl., les milieux de culture: pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. *DOIN Ed, Paris* (1982): 447.
22. Dssouli K., El Halouani H., Berrichi A. L'impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville d'Oujda en agriculture : étude de la charge parasitaire en oeufs d'helminthes au niveau de quelques cultures maraichères. *Biologie et santé*. Vol. 6 1 (2006).
23. Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L, *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 8e édition. Duno, Paris, France (1996).
24. Davenport C.V., Sparrow and Gordor.C. Fecal indicator bacteria persistence under conditions in an ice covered river. *App. Env. Microbiol.*, 32 (4) (1976) 527-536.
25. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandations à avisées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Organisation mondiale de la santé, *série de rapports techniques*, n° 778, Genève (1989).
26. Asano T. Wastewater reclamation and reuse. *Water quality management library* (1998) 1475.
27. Armon R., Dosoretz C., Azov Y. and Shelef G. Residual Contamination of Crops Irrigated with Effluents of Different Qualities: A field Study. *Wat Sci. Tech* 30 9 (1994) 239-248.
28. Sheikh B., Cooper R., et Israel K. Hygienic Evaluation of reclaimed Water Used to irrigate Food Crops –A Case Study. AWT98-Advanced Wastewater, Recycling and Reuse, Milano (1998) 8675-8681.
29. Jiménez B., Chavez A., Maya C and Jardines YL. The removal of a diversity of microorganisms in different stages of wastewater treatment. 1st World Water Congress of the International Water Association, Paris, 3-7 July 2000. Conférence preprint book 8 (2000) 102-109.
30. Dupray E. et Derrien A. Influence du passage de *salmonella* spp. et *E. coli* en eaux usées sur leur survie ultérieure en eau de mer ; *Wat. Res* 29 4 (1995) 1005-1011.
31. Cadillon M., Réutilisation agricole des eaux usées. Compte rendu du séminaire sur les eaux usées et milieux récepteurs, Casablanca, chapitre 3 (1987) 1- 26.
32. Cadillon M. Réutilisation des eaux usées: Contraintes et enjeux. Actes des journées techniques d'assainissement au Maroc, Agadir (1989) 2-26.
33. Ministère de la Santé, Santé en chiffre 2004-2011.
34. Alouni Z. Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie, *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science Vol* 6 4 (1993) 453-462.
35. Stien J.L., Schwartzbrod J. Flux d'oeufs d'helminthes parasites dans les stations d'épuration par boues activées. T.S.M. 10 (1988) 495-498.
36. Shuval M.I., Adin A., Fatal B., Rawitz E., Yekutieli P. Waste water irrigation in developing countries: Health effects and technical solutions' World Bank Technicaf, paper 51 (1986) 21-38.
37. Blum D., Feachem R.G., Health aspects of night soil and sludge use in agriculture. Part III : an epidemiological perspective. Dübendorf, international référence centre for waste disposai. Report N° 05/85 (1985).
38. Straus M., Survival of excreted pathogens in excreta and faecal sludges. *IRCWDNEWS* 23 (1985) 4-9.
39. Collignon A., Butel MJ. Etablissement et composition de la flore microbienne intestinale. In « Flore microbienne intestinale », Rambaud J.C., Buts J.P. Et Corthier G., Flowie Ed.. (2004) 151-170.
40. Montiel A. Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection. *Revue française des laboratoires* 364 (2004) 3.
41. Thomas O. Analyse microbiologique dans «Métrologie des eaux résiduaires». Ed. cebedoc (1995) 125-39.