

ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET PARASITOLOGIQUE DES EAUX USEES DESTINEES A L'IRRIGATION DU PERIMETRE PERI-URBAIN DE FOUARAT (KENITRA, MAROC)

Y. EL GUAMRI¹, D. BELGHYTI¹, M. CISSE², K. EL KHARRIM¹, I. SYLLA¹, S. RAWEH¹, H. BARKIA¹,
T. HASSOUNI¹ et A. JAMBER¹

¹Laboratoire de Biologie et Santé. UFR Doctorale «Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires». Projet PARS BIO 148. B.P : 133 / Faculté des Sciences. Université Ibn Tofail. Kénitra. Maroc.
E.mail : belghyti@hotmail.com

²Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique. Université d'Abobo-Adjamé, UFR-SGE, 02 B.P. 801 Abidjan 02. E-mail: cciscom@yahoo.fr

RESUME

Les eaux usées de la commune urbaine de Saknia-Fouarat (Kénitra) sont rejetées sans aucun traitement préalable dans le lac Fouarat. Celles-ci sont en partie réutilisées pour l'irrigation du périmètre péri-urbain de cette zone à vocation agricole. La caractérisation physico-chimique des échantillons a révélé un pH proche de la neutralité et des teneurs en sels relativement importantes. La teneur en chlorures a été de 112,5 mg/l. La charge polluante engendrée par ces effluents urbains a été comprise entre 24 et 124 mg/l pour la DBO₅, 110,40 et 418,33 mg/l pour la DCO et entre 350 et 615 mg/l pour les MES. Ces paramètres de pollution ont été relativement faibles, comparativement à la moyenne des concentrations habituellement rencontrées pour les eaux usées urbaines du Maroc. Le rapport DCO/DBO₅ a été de 3,48. Cette valeur élevée montre que les eaux usées de la commune urbaine de Saknia-Fouarat sont caractérisées par une pollution inorganique liée, notamment, au rejet des effluents d'industrie textile raccordée au collecteur. L'analyse parasitologique montre une forte contamination de ces eaux usées par les œufs d'helminthes, soit 32,4 œufs/l, concentration nettement supérieure aux normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) relatives aux eaux destinées à l'irrigation non restrictive des cultures. Les effluents constituent donc un risque environnemental pour la nappe phréatique sous-jacente exploitée par l'ONEP (Office National de l'Eau Potable) et pour les eaux du lac Fouarat. En conclusion, le traitement préalable de ces rejets est vivement recommandé, avant leur rejet dans le lac Fouarat pour usage comme eau d'irrigation des cultures maraîchères.

Mots clés : Pollution, eaux usées, physico-chimie, Helminthes, lac Fouarat, Maroc.

PHYSICOCHEMICAL AND PARASITOLOGICAL STUDY OF WASTEWATERS INTENDED FOR IRRIGATION OF URBAN PERIMETER OF FOUARAT (KENITRA, MOROCCO)

ABSTRACT

Effluents of the Saknia-Fouarat urban district (Kenitra city) are rejected in the Fouarat Lake without prior treatment. Part of the effluents is used to irrigate the peri-urban perimeter of this agriculturally-rich area. The physico-chemical characterization of these effluents revealed that pH is close to neutrality with relatively high salt content. Chloride concentration was of about 112.5 mg/l. The polluting load generated by these urban effluents was between 24 and 124 mg/l for the BDO₅, 110.4 and 418.33 mg/l for the COD and between 350 and 615 mg/l for suspended particles. All these pollutions parameters were relatively low, as compared to the average concentrations of the usual moroccan urban effluents. The calculated COD/BD₅ ratio was 3.48. This high value shows that these wastewaters are characterized by an inorganic pollution related to effluents rejection by the textile industry connected to the main collector. The parasitological characterization of the effluents shows a strong contamination by Helminths parasites eggs (32.4 eggs/l). This concentration largely exceeds the WHO standards concerning water used for non-restrictive irrigation of the cultures. Our results show

that effluents used for irrigation cultures in the Fouarat perimeter induce an environmental risk for the subjacent ground water exploited by the ONEP and for the Fouarat Lake water consequently, we highly recommend the treatment of these effluents before their rejection in the Fouarat lake and the in use for irrigation.

Key words : Pollution, wastewater, physicochemical, Helminths, Fouarat Lake, Kenitra, Morocco.

INTRODUCTION

Au Maroc, les ressources en eaux superficielles sont limitées et une économie de ces ressources est nécessaire dans le but de satisfaire les besoins en eau potable, industrielle et agricole pour le XXI^e siècle. Si globalement la demande en eau est satisfaite, certaines régions souffrent d'une pénurie très importante, particulièrement durant les années de faible hydraulité (FAO, 2005).

La quasi-totalité des eaux usées brutes sont rejetées dans le milieu récepteur. Les eaux usées domestiques, essentiellement produites dans les centres urbains sont souvent utilisées directement pour l'irrigation. Cette pratique est observée à la périphérie de certaines grandes villes continentales où les terrains agricoles sont disponibles en aval des lieux de déversements des effluents (MATEE, 2003). Au cours de ces dernières années, la réutilisation des eaux usées au Maroc s'est développée aussi autour de certaines agglomérations récemment pourvues d'un réseau d'assainissement. Les eaux usées sont généralement très appréciées par les agriculteurs tant pour leur valeur fertilisante que pour leur accès facile (FAO et ONEP, 2001). Plus de 7000 ha sont irrigués directement avec les eaux usées non recyclées, rejetées par les villes, soit environ 70 millions de m³ d'eaux usées réutilisées chaque année en agriculture, sans précaution sanitaire. Une grande diversité de types de cultures est concernée par cette réutilisation (cultures fourragères, cultures maraîchères, etc. (CSEC, 1994).

Cette situation a tendance à se généraliser dans toutes les agglomérations pourvues d'un système d'assainissement. Sur l'ensemble du territoire, on totalise d'après une enquête réalisée dans le cadre du Schéma Directeur National d'Assainissement, environ 70 zones de réutilisation des eaux usées. (SNDAL, 1998).

En 2025, le volume des eaux usées domestiques au Maroc est évalué à 700 Mm³. C'est un potentiel important qu'il est envisagé d'utiliser, même en partie, compte tenu des retombées économiques qui en résulteraient (Bzioui, 2004).

Avec l'hypothèse de réutiliser 40 % des eaux usées domestiques produites en 2025, soit près de 300 Mm³, 30000 ha de terres agricoles pourraient être irriguées avec ces eaux communales recyclées. De cette façon, le recyclage des eaux usées communales permettrait de produire en partie l'eau à mobiliser pour l'irrigation au Maroc (Bzioui, 2004).

Dans ce contexte, depuis une dizaine d'années, de nombreux projets de recherches pluridisciplinaires sur la caractérisation, le traitement et la réutilisation des eaux usées en irrigation ont été initiés au Maroc, afin d'apporter des réponses aux questions d'ordre agronomique, sanitaire et écologique. Ce travail a pour objectif d'évaluer la charge polluante (physico-chimique et parasitologique) des eaux usées brutes déversées dans le périmètre péri-urbain de Fouarat (Kénitra) afin de montrer la nécessité ou non de leur recyclage avant toute réutilisation en agriculture.

MATERIEL ET METHODES

SITE D'ETUDE

Dans la région de Kénitra située au Nord-Ouest du Maroc, entre les méridiens 6°30' et 6°45' Ouest et les parallèles 34°15' et 34°20', le climat est sub-humide à semi-aride. Celui-ci est soumis à l'influence de l'océan, et présente des hivers tempérés et des étés assez chauds. Les eaux usées, rejetées par les agglomérations urbaines de cette ville, sont évacuées à l'état brut, dans l'oued de Sebou et le lac Fouarat, à travers plusieurs collecteurs urbains (El Guamri, 2003).

Le Lac Fouarat, milieu récepteur des eaux usées de la commune urbaine de Saknia, est situé au Nord-Est de la ville de Kénitra, dans la zone de protection du champ captant Ahmed Taleb élaborée par le projet de protection des ressources en eau potable, mis en place par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP, 1995), (El Mansouri *et al.*, 1999). Ce lac constitue, par ailleurs, une importante source d'eau d'irrigation dans cette zone agricole (Figure 1).

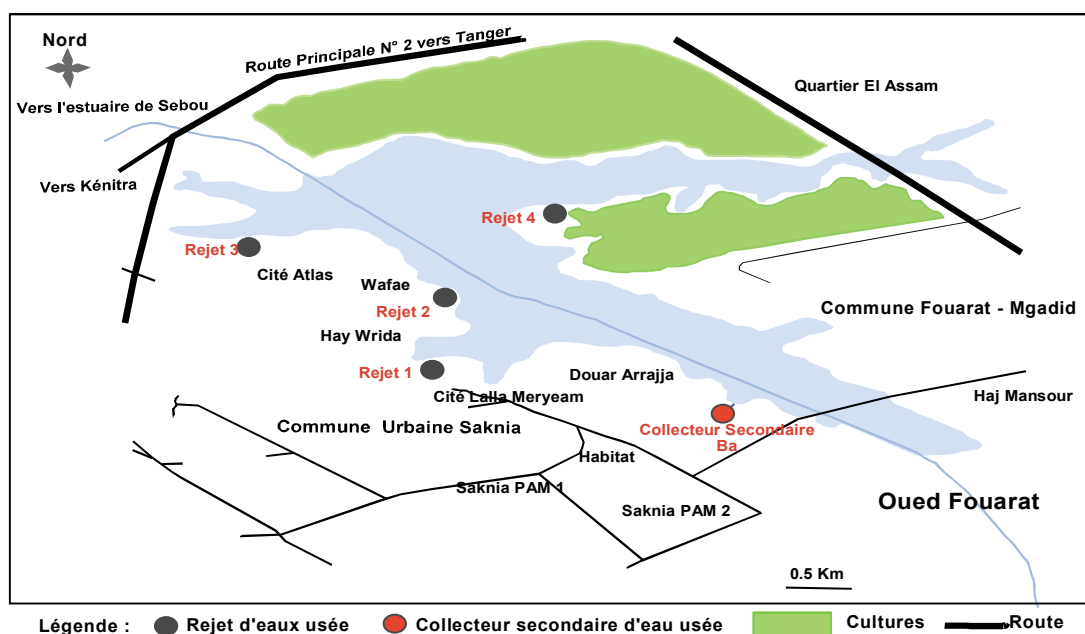
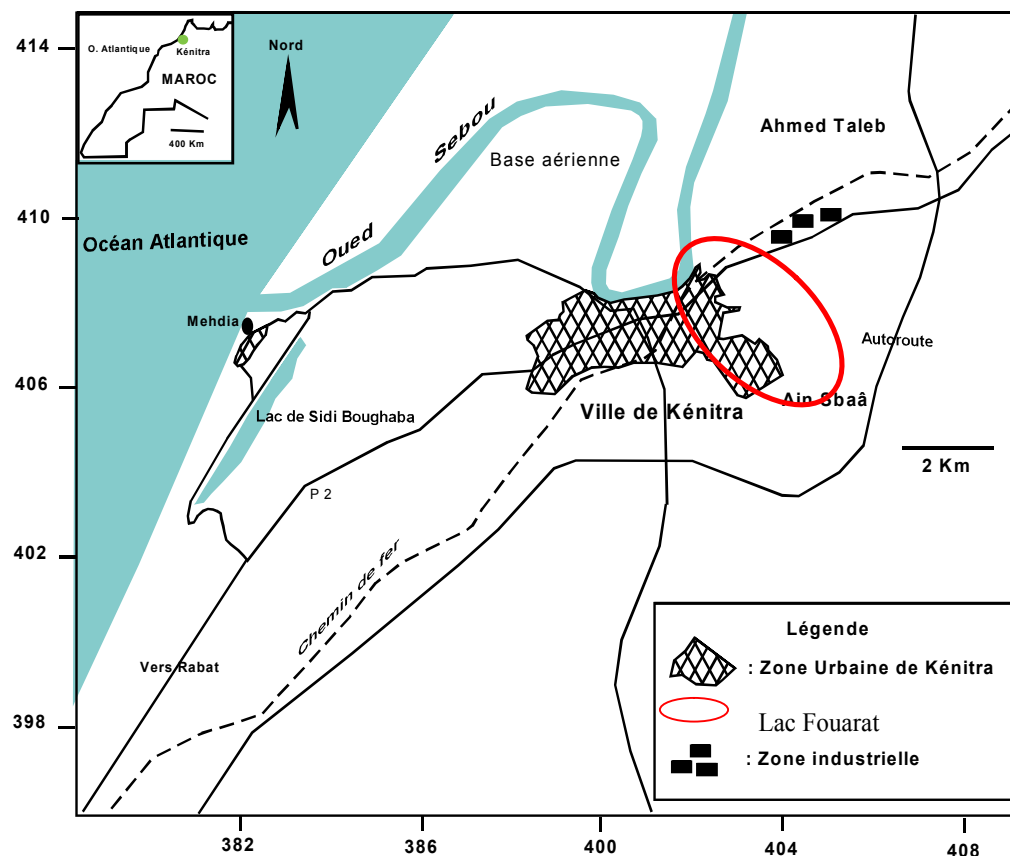


Figure 1 : Localisation du collecteur secondaire (Ba) d'eaux usées dans la commune urbaine de Saknia, Kénitra.

Localization of the secondary wastewater collector (Ba) in the Saknia-kenitra district.

MATERIEL

METHODOLOGIE

Caractérisation physico-chimique des eaux usées

Un suivi bimensuel des paramètres physico-chimiques des eaux usées a été effectué de mars à juin 2003. Les échantillons d'eau usée ont été prélevés juste au point de déversement du collecteur urbain de Saknia dans le Lac Fouarat, et conservés selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons (ISO, 1994) et le guide de bonne pratique de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP, 1999).

Le pH, la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide d'un multi-parameter analyser Type CONSORT - Modèle 835.

La Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅), les nitrites, les nitrates ainsi que les orthophosphates ont été mesurés en conformité avec les normes standards (Deutsches Institut für Normung [DIN], 1992a et b et 1993a, b et c). Les chlorures et l'alcalinité exprimée en CaCO₃ ont été déterminés par la méthode de comptage des pastilles prédosées. Les matières en suspension ont été déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre cellulosique (de 0,45 µm) selon Rodier (1996).

Caractérisation parasitologique des eaux usées

L'analyse parasitologique des eaux usées déversées a été réalisée selon la technique de BAILENGER fortement recommandé par l'OMS (1997). Pour l'identification et la quantification des œufs d'helminthes à l'aide d'une lame de Mac Master. Des microphotographies sont réalisées avec un microscope trinoculaire doté d'un appareil photo.

Des échantillons d'eau usée ont été prélevés bimensuellement entre août 2002 et juin 2003 à l'exutoire du collecteur urbain de la commune de Saknia. Deux litres d'eau usée ont été prélevés

et fixés au Formol à 10 % (2 ml/litre) et conservés dans des flacons stériles.

Au laboratoire, les échantillons d'eaux usées sont placés dans des éprouvettes de 2 litres, puis laissés pendant 12 heures à décanter. Le culot obtenu est utilisé, après concentration, pour l'analyse qualitative et quantitative des œufs d'Helminthes.

Les résultats de l'analyse parasitologique sont exprimés à l'aide de la formule proposée par l'OMS (1997) :

$N = A.X / P.V$ avec :

A : nombre d'œufs comptés sur la lame de Mac Master ou moyenne des nombres trouvés sur 2 ou 3 lames ;

X : volume du produit final (ml) ;

P : Contenance de la lame de Mac Master (0,3 ml) ;

V : Volume de l'échantillon initial d'eau usée à analyser.

RESULTATS

PHYSICO-CHIMIE DES EAUX USEES

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes du collecteur urbain (Ba) de Saknia sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

PARASITOLOGIE DES EAUX USEES

Au niveau de tous les échantillons, nous avons mis en évidence des concentrations importantes d'œufs d'Helminthes parasites indicateurs de la pollution fécale des eaux usées.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des parasites sous formes d'œufs d'Helminthes appartenant aux espèces : *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Enterobius vermicularis*, *Ankylostoma sp.*, *Nematodirus sp.*, *Hymenolepis nana*, *Moniezia expansa* et *Taenia sp.* avec des pourcentages d'échantillons positifs respectifs de 100 %, 40 %, 10 %, 20 %, 50 %, 30 % et 30 %.

Tableau 1 : Paramètres majeurs de la pollution des eaux usées du collecteur Ba (Saknia-Kénitra).*Major parameters of the pollution wastewaters of the collector (Ba)(Saknia-Kénitra).*

Paramètre	T (°C)	pH	C.E (µs/cm)	Alcalinité (mg/l de CaCO ₃)	O ₂ dissous (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
Max.	23,2	7,6	2247,5	310	2,90	340,39
Min.	17,3	7,2	1184	137,5	0,24	112,50
Moyenne	20,8	7,4	1658	191,1	1,64	232,57
Ecar-type	2,55	0,21	471,56	81,08	1,12	99,97

C. E : Conductivité électrique / Cl⁻ : Chlorures**Tableau 2 :** Paramètres globaux de la pollution des eaux usées du collecteur Ba (Saknia-Kénitra).*Total parameters of the pollution wastewaters of the collector (Ba)(Saknia-Kénitra).*

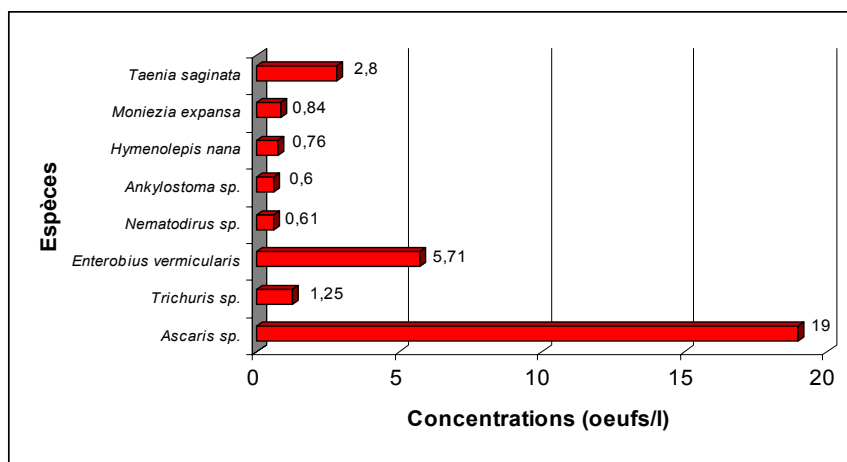
Paramètre	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)
Max.	615	190	418,33	3,546	0,135	8,321
Min.	350	24	110,40	2,324	0,022	2,645
Moyenne	513	85,33	296,91	2,806	0,064	4,710
Ecar-type	117,57	72,31	137,54	0,58	0,06	2,53

MES : Matières En Suspension / DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours DCO : Demande Chimique en Oxygène.

La concentration moyenne globale d'œufs d'helminthes dans les échantillons d'eaux usées est de 32,4 œufs/l. Elle est répartie entre la classe des Nématodes (28,04 œufs/l) et des celle Cestodes (4,4 œufs/l).

Ces concentrations révèlent une forte contamination fécale véhiculée par les eaux usées brutes drainées par ce collecteur. Parmi les Nématodes trouvés dans les échantillons, on observe des œufs d'*Ascaris sp.* (19,87 œufs/l),

Enterobius vermicularis (5,71 œufs/l), *Trichuris sp.* (1,25 œufs/l), *Nematodirus sp.* (0,62 œufs/l) et *Ankylostoma sp.* (0,6 œufs/l). Dans la classe des Cestodes, nous avons mis en évidence des œufs de *Taenia sp.* (2,8 œufs/l), *Moniezia expansa* (0,84 œufs/l) et d'*Hymenolepis nana* (0,76 œufs/l). Pour les œufs et larves de Strongles, les concentrations moyennes sont respectivement de 5,83 œufs/l et de 2,6 larves/l (Figure 2).

**Figure 2 :** Concentration moyenne des œufs d'Helminthes parasites dans les eaux usées de Saknia (Fouarat, Kénitra)*Average concentration of helminth eggs parasites in wastewaters of Saknia (Fouarat, Kenitra)*

DISCUSSION

Les paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines de Saknia ont montré des valeurs comparables à celles d'autres collecteurs urbains étudiés de la ville de Kénitra (El Guamri, 2003). Le sol, les cultures ainsi que la santé des agriculteurs peuvent être affectées. Le pH est compris entre 7,2 et 7,6. Ces valeurs sont comparables à celles des eaux usées de Ouagadougou au Burkina Faso (Wethe *et al.*, 2002) et de Ouarzazate (Anonyme, 1998). En revanche, des valeurs du pH nettement supérieures à 12 ont été obtenues à Nouakchott en Mauritanie par Gassama (2002). Les concentrations en sels exprimées en conductivité électrique atteignent jusqu'à 2247,5 μcm dans les eaux usées. C'est également ce qu'ont démontré des études réalisées au Ghana à Kumasi par Keraita *et al.*, (2002). Les matières en suspension et les Chlorures ont des teneurs respectives de 615 mg/l et 340,39 mg/l. Ces deux valeurs trouvées, sont nettement inférieures à celles de Niang (2002) au niveau des eaux usées de Dakar (Sénégal).

Les eaux usées du collecteur (Ba) sont caractérisées par une alcalinité de 191,1 mg/l de CaCO_3 . Les valeurs extrêmes minimales et maximales enregistrées sont respectivement de 137,5 mg/l et 310 mg/l. Ces valeurs en CaCO_3 dans les eaux usées du collecteur Ba pouvant être attribuées aux rejets liquides moins chargés en matières organiques fermentescibles susceptibles d'être oxydées et ayant pour conséquence, une production élevée de CO_2 . Cependant, la présence du CO_2 confère à l'eau une force de dissolution bien plus importante en transformant le carbonate de calcium en bicarbonate de calcium, plus solubles dans l'eau (Thomas, 1995).

La teneur en oxygène dissous fluctue entre 0,24 et 2,9 mg/l, avec une concentration moyenne de 1,64 mg/l (Tableau 1). Au niveau des eaux usées d'Ouarzazate, la concentration en oxygène est nulle (Anonyme, 1998). La comparaison des valeurs en oxygène dissous dans les eaux usées analysées avec la grille de qualité des eaux de surface (Anonyme, 2002) permet de déduire que ces eaux usées sont de qualité mauvaise à très mauvaise.

Ces valeurs extrêmes peuvent modifier le pH du sol. L'excès de MES peut colmater les pores du sol et les concentrations en éléments

fertilisants sont susceptibles de s'accumuler dans les sols. Un risque de contamination de la nappe phréatique par les phosphates et les nitrates existe.

Les eaux présentant des valeurs extrêmes peuvent détruire les cultures avec la possibilité d'accumulation des métaux dans les produits maraîchers. Au niveau de la santé des producteurs, les études de cas ont fait ressortir des risques de brûlures de la peau liées aux pH extrêmes, et des risques d'intoxication à long terme de l'organisme par les métaux lourds.

Les valeurs de la DCO trouvées sont nettement supérieures à celles obtenues par Otokunefor et Obiukwu (2005) à l'issue d'une étude similaire réalisée au Nigeria. Au contraire, celles-ci sont comparables aux observations de Sonnenberg et Holmes (1998) et sont inférieures à ceux trouvées à Ouarzazate (Anonyme, 1998). Les valeurs moyennes de la DBO₅ sont très élevées comparativement à celles enregistrées par Endamana *et al.* (2003) au Cameroun et par Ekweozor *et al.* (2001) au Nigeria.

Les rapports DCO/DBO₅ indiquent des eaux usées caractérisées par une pollution inorganique, liée notamment au rejet des effluents bruts d'une industrie textile raccordée à ce collecteur (Tableau 3). Comparativement aux pays développés, les valeurs observées présentent des charges deux fois supérieures, avec des concentrations faibles à moyennes Metcalf et Eddy, (1991). Toutefois, nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Niang (1998) à Dakar (Sénégal) et par Abouelouafa *et al.* (2002) à Oujda au Maroc.

L'analyse du tableau 2 montre que la concentration moyenne en nitrates enregistrée dans les eaux usées du collecteur secondaire Ba est de 2,80 mg/l avec des valeurs extrêmes de 2,32 mg/l et 3,54 mg/l. Ces concentrations sont légèrement supérieures à celles signalées par Endamana *et al.* (2003) et par Niang (2002). Par ailleurs, la concentration moyenne en nitrites est de l'ordre 0,064 mg/l. Pour les ortho-phosphates, la concentration moyenne enregistrée est de 4,710 mg/l avec des valeurs moyennes extrêmes maximale et minimale de 8,321 mg/l et 2,645 mg/l. Les différentes concentrations enregistrées en PO_4^{3-} sont inférieures à 10 mg/l, considérée comme valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur (CNS, 1994). Les concentrations trouvées sont comparables à celles obtenues par Ekweozor *et al.* (2001) et par Endamana *et*

al. (2003). En revanche, elles sont inférieures à celles obtenues par Otokunefor et Obiukwu (2005), Niang (2002) au Sénégal, Keraita *et al.* (2002) à Kumasi (Ghana), El Halouani, (1995) à Oujda et au niveau de la ville de Ouarzazate (Anonyme, 1998).

Selon de nombreux rapports en provenance du monde entier, les rendements agricoles sont notablement accrus par l'irrigation au moyen d'eaux usées. En Inde, par exemple, des expériences prolongées ont montré qu'une irrigation d'intensité moyenne au moyen d'eaux usées fournit des rendements plus élevés qu'une irrigation au moyen d'eau non polluée additionnée d'azote, de phosphore et de potassium (NPTK) aux doses habituelles (Niang, 2002).

Par ailleurs, le rejet des eaux usées urbaines (domestiques et industrielles) sans traitement préalable, peut avoir un impact environnemental considérable. Ces eaux usées brutes entraînant la contamination des cours d'eau récepteurs et conséquemment causant des nuisances importantes pour les riverains, les usagers et les ressources faunistiques. Donc, une gestion rationnelle des ressources en eau et la construction d'une station d'épuration des eaux usées de la commune urbaine de Saknia, vont minimiser les risques sanitaires et les dangers environnementaux liés à la réutilisation de ces eaux usées en irrigation des cultures.

Les résultats concernant la parasitologie des eaux usées de Saknia mettent en évidence des concentrations en œufs d'helminthes parasites élevées (nématodes avec 28,04 œufs/l et cestodes avec 4,4 œufs/l). Ces concentrations révèlent une forte contamination fécale véhiculée par les eaux usées brutes drainées par ce collecteur. Nos résultats confortent ceux de Nzom-Zamo *et al.* (2003) ; Aboueloufa *et al.* (2002), Dssouli *et al.* (2001) et Belghyti *et al.* (1994) au niveau des eaux usées du Maroc. Ces observations sont conformes à ceux de Stien *et al.* (1987) pour les eaux usées de Barcelone en Espagne et de Alouini (1993) en Tunisie.

La concentration en œufs de Nématodes est supérieure à celle des Cestodes. Cette prédominance des Nématodes par rapport aux Cestodes est mise en évidence dans d'autres études réalisées au Maroc par Bouhoum *et al.* (2002), Firadi (1996) et Chalabi (1993) et en France par Schwarztzbrod *et al.* (2003).

Les espèces parasites trouvées dans les eaux usées de Saknia témoignent de la pollution

fécale d'origines humaine et animale des eaux usées domestiques étudiées.

Le nombre des espèces d'Helminthes parasites rencontrées dans les eaux usées de Saknia est différent en comparaison avec les résultats des études réalisées au Maroc. Les données bibliographiques relatives à ce sujet sont très variées car la concentration de ces espèces parasites dans les eaux usées dépend des conditions environnementales et épidémiologiques des régions où sont réalisées les études (Nzom-Zamo, 2003). Les résultats de certains travaux montrent que la fréquence des espèces d'Helminthes dans les effluents urbains bruts varie de 0 à 2950 œufs/l (Shepard, 1971 ; Bradely *et al.*, 1981 ; Paniker *et al.*, 1981). Dans le cas de notre étude, la faible concentration des œufs d'helminthes dans les eaux usées brutes peut s'expliquer par la taille et le niveau d'hygiène de la population urbaine raccordée à ce collecteur. En effet, selon les indications de Bachikh, (1993) et Belghyti *et al.* (1994), les helminthiases sont présentes dans les selles de la population de Fouarat, ce qui explique leur présence dans les eaux usées brutes.

La comparaison des différents résultats obtenus dans les eaux usées rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra) aux valeurs limites admissibles de rejets directs ainsi qu'aux normes des eaux destinées à l'irrigation des cultures fixées par le Ministère de l'Environnement du Maroc (Anonyme, 2002) permet de déterminer la qualité de ces eaux usées du point de vue physico-chimique et parasitologique, ainsi que leur conformité et leur aptitude à l'abreuvement du bétail et l'irrigation des cultures maraîchères.

Les eaux usées de la commune urbaine Saknia (Fouarat-Kénitra) sont de qualité moyenne pour la quasi-totalité des paramètres mesurés et d'une qualité mauvaise si on se réfère aux concentrations des œufs d'helminthes parasites aux MES et DBO₅. Généralement, les valeurs moyennes et extrêmes de la température des eaux usées analysées sont inférieures à 30 °C, considérée comme valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur. De même, ces valeurs sont inférieures à 35 °C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation. Par ailleurs, les concentrations moyennes en chlorures mesurées ne dépassent pas les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation des cultures (350 mg/l pour l'irrigation de surface et 105 mg/l pour l'irrigation par aspersion). La présence des matières en suspension dans les effluents en quantité

dépasse la norme recommandée par l'OMS (30 mg/l). Cela peut entraîner le colmatage du sol dont les conséquences sont néfastes pour les cultures. En revanche, la présence de matières organiques dans les eaux usées ne constitue pas un obstacle à la réutilisation de ces eaux usées, bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Le rapport DCO/DBO₅ mesuré est de l'ordre de 3,48. Cette valeur très élevée montre que ces eaux usées analysées sont caractérisées par une pollution inorganique. Donc, il y a aussi possibilité d'accumulation des métaux lourds dans les produits maraîchers irrigués par ces eaux usées. Au niveau des eaux de surface du Lac Fouarat, les études antérieures ont montré des risques de contamination métallique des eaux de surface liées aux rejets des eaux usées et des risques d'intoxication à long terme des espèces vivantes dans le milieu récepteur par les métaux lourds (Benbouih, 2000 ; Hakam *et al.*, 2000 ; Dghoughi, 2002 ; Benzizoune 2002 ; Amghar, 2002 et Nassali *et al.*, 2005).

CONCLUSION

Les eaux usées urbaines de la commune de Saknia (Kénitra) servant à irriguer les cultures du périmètre de Fouarat constituent un risque environnemental pour la nappe phréatique sous-jacente exploitée par l'ONEP et pour les eaux superficielles du lac Fouarat. De même, ces effluents présentent un risque sanitaire pour les agriculteurs de cette zone et pour les consommateurs de produits agricoles irrigués par ces eaux.

Au terme de cette étude préliminaire, nous avons en effet pu mettre en évidence le fait que les eaux usées de Saknia sont caractérisées par une pollution organique et éventuellement inorganique et que la charge parasitaire est très élevée et par conséquent ces eaux ne doivent en aucun cas être déversées à l'état brut dans le lac Fouarat encore moins être réutilisées pour l'irrigation des cultures et des espaces verts de la ville. Nous recommandons vivement le traitement de ces eaux préalablement à leur rejet dans le lac Fouarat et leur utilisation dans l'irrigation des cultures.

REMERCIEMENTS

Nous adressons notre gratitude au Ministère de l'éducation, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique dans le cadre du projet PROTARS (BIO 148) qui nous a accordé le financement pour la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- Aboueloufa, M., H. El Halouani, M. Kharboua et A. Berrichi. 2002. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : Canal principal et Oued Bounaïm. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2002, Vol. 22 (3) : 143 - 150.
- Alouini Z. 1993. Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie. Rev. Sci. de l'Eau, 6 : 453 - 463.
- Amghar H. 2002. Evaluation de l'impact de la pollution métallique des eaux du lac Fouarat (région du Gharb). Mémoire de 3^e cycle, Fac. Sci., Kénitra, 65 p.
- Anonyme. 1994. Réutilisation des eaux usées en agriculture. Conseil Supérieur de l'Eau et de Climat. Rapport de Ministère de l'Environnement. Rabat. 90 p.
- Anonyme. 1998. Epuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. PROJET MOR. 86/018. Ministère de l'Agriculture, PNUD, FAO et OMS. Rapport final, 156 p.
- Anonyme. 2002. Normes Marocaines des eaux d'irrigation et de rejets directs. Ministère de l'Environnement du Maroc, Bulletin Officiel, 5062 : 20 p.
- Bachikh J. 1993. Caractérisation parasitologique des eaux usées et évaluation de leur incidence épidémiologique (Helminthiase) sur une population humaine au niveau de la région de Fouarat. Mémoire de CEA en Traitement et Valorisation Agricole des Eaux Usées. Fac., Sci., Marrakech. 95 p.
- Belghyti D., K. El Kharim, J. Bachikh et C. Gabrion. 1994. Caractérisation parasitologique des eaux usées, du lac Fouarat (Kénitra - Maroc) et évaluation du niveau épidémiologique dans une population rurale en contact avec

- ces eaux. Actes Quatrième Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française. Marrakech. Tome II. 200 p.
- Benbouih H. 2000. Contribution à l'évaluation de la pollution métallique des zones humides de la région du Gharb - cas du lac Fouarat - Thèse de Doctorat National. Fac, Sci, Kénitra, 125 p.
- Benzinoun S. 2002. Evaluation de la qualité des eaux dans les dépression humides de la région du Gharb et interaction polluant-sédiment (cas du lac Fouarat) Mémoire de 3^e cycle. Fac, Sci, Kénitra, 113 p.
- Bouhoum K., O. Amahmid and S. Asmama. 2002. Wastewater reuse for agricultural purposes : Effects on population and irrigated crops. Proceeding of international symposium environmental pollution control and waste management. EPCOWM, Tunis, Part II, 582 - 586.
- Bradely R. M. and S. Hadidy., 1981. Parasitic infection on the use of untreated sewage for irrigation of vegetable with particular reference to Aleppo, Syria. Publ. Health. Eng., 9 : 154 - 157.
- Bzioui M. 2004. Rapport sur les ressources en eaux au Maroc. UN, Water-Afric, 94 p.
- Chalabi M. 1993. Performance d'élimination des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans le Chenal Algal à Haut Rendement. Thèse 3^e cycle. Fac., Sci., Marrakech., 120 p.
- Comité Normes et Standards (CNS). 1994. Ministère de l'Environnement du Maroc. Rabat. maroc, 20 p.
- Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat. 1994. Réutilisation des eaux usées en agriculture. CSEC. Rabat. Maroc, 60 p.
- Dghoughi A. 2002. Evaluation environnementale de la bioaccumulation des métaux lourds par les poissons d'eau douce - cas de la pêche soleil - du lac Fouarat. Mémoire de DESA en Pollution et Traitement des Eaux. Fac., Sci., Kénitra, 81 p.
- DIN. 1992a. Détermination de la Demande Biologique en Oxygène (DBO) selon DIN Laboratoire National de l'Environnement. Ministère de l'environnement, Rabat, Maroc. Fiche technique. 10 p.
- DIN. 1992b. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) selon DIN 38409-H52. Laboratoire National de l'Environnement. Ministère de l'environnement, Rabat, Maroc. Fiche technique. 8 p.
- DIN. 1993a. Dosage des composés phosphoriques méthodes photométrique par phosphomolybdique. (Selon DIN 38405-D11-1 O-PO43-). Laboratoire National de l'Environnement. Ministère de l'environnement, Rabat, Maroc. Fiche technique. 12 p.
- DIN. 1993b. Dosage des nitrates par méthode photométrique avec 2,6 - diméthylphénol (selon DIN 38405-D9-2). Laboratoire National de l'Environnement. Ministère de l'environnement, Rabat, Maroc. Fiche technique. 8 p.
- DIN. 1993c. Dosage des nitrites par méthode photométrique (selon ISO 6777 resp en 2677. Laboratoire National de l'Environnement. Ministère de l'environnement, Rabat, Maroc. Fiche technique. 8 p.
- Dssouli K., M. Kharboua, K. Khallaayoune, H. El Halouani et B. Haloui. 2001. Caractérisation parasitologique des eaux usées réutilisées en agriculture dans le Maroc Oriental (Oujda). Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2001, Vol. 21 (3) : 193 - 146.
- Ekweozor I. K. E., N. O. K. Bobmanuel and U. U. Gabriel. 2001. Sublethal Effects of Ammoniacal Fertilizer Effluents on three Commercial Fish Species from Niger Delta Area, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 5 (1) : 63 - 68.
- El Guamri Y. 2003. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Kénitra. Mémoire de 3^e cycle, Fac, Sci, Kénitra, 140 p.
- El Halouani H. 1995. Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement: cas de la ville d'Oujda. Thèse d'Etat, Fac, Sci, Kénitra, 190 p.
- El Mansouri B., Y. Loukili et D. Esselaoui., 1999. Une approche numérique des périmètres de protection des captages des eaux souterraines. Académie des Sciences, 328 : 695 - 700.
- Endamana D., I. M. Kengne, J. Gockowski, J. N., D. Wandji, J. Nyemeck, N. N. Soua and J. N. Bakwowi. 2003. Wastewater reuse for urban and periurban agriculture in Yaounde Cameroon : opportunities and constraints. International Symposium on Water, Poverty and Productive uses of Water at the Household Level, Muldersdrift, South Africa. 84 - 92.
- FAO et ONEP. 2001. Amélioration des connaissances dans le domaine de la réutilisation des eaux usées épurées en

- irrigation. Rapport de synthèse, N°6 DI/FAO et ONEP. 27 p.
- FAO. 2005. L'irrigation en Afrique en chiffres. FAO Corporate Document Repository.
- Firadi R. 1996. Epuration et réutilisation des eaux usées de la ville de Ouarzazate en agriculture: Devenir des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans les eaux usées et les boues. Thèse de 3^e cycle, Fac, Sci, Marrakech, 114 p.
- Gassama M. 2002. Eaux usées et agriculture (péri) urbaine : cas de Nouakchott (Mauritanie). Cabinet d'Etudes KEITA - Kala Saba pour la réutilisation des eaux usées en agriculture : Un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest à Ouaga. Rapport final, Ouagadougou, Burkina Faso, 183 p.
- Hakam O., H. Benbouih, H. Nassali., A Choukri., A Shhiri., M. Lferde et J. L. Reyss. 2000. Qualité des eaux naturelles dans la région de la ville de Kénitra. Génie Civil, 89 : 54 - 62 p.
- ISO. 1994. Qualité de l'eau - échantillonnage - Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons. 5667(3) : 4 - 7.
- Keraita B., P. Drechsel and L. Rashid. 2002. Wastewater use in informal irrigation in urban and peri-urban areas of Kumasi, Ghana. Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine: un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest. Rapport final, Ouagadougou, Burkina Faso, 183 p.
- MATEE. 2003. Environnement et durabilité du développement. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eaux et de l'Environnement, Maroc, 172 p.
- Metcalf et I. Eddy. 1991. Wastewater engineering : Traetment, Disposal and Reuse. 3^e Edition Library of Congress Cataloging in publication data, TD, 645. T34.
- Nassali H., H. Ben Bouih, A. Shhiri et M. Dhahbi. 2005. Influence des rejets des eaux usées sur la composition des eaux de surface et des sédiments superficiels du lac merja Fouarate au Maroc. Afrique sciences, 1 (1) : 145 - 165.
- Niang S. 2002. Utilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine au Sénégal. Cas de la ville de Dakar. Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine : un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest. Rapport final, Ouagadougou, Burkina, 183 p.
- Niang S. 1998. Epuration des eaux usées urbaines par hydrosères reconstituées. Recherches expérimentales sur une technologie appropriée à l'Afrique de l'Ouest. Reports which were presented for the Cities Feeding People workshop : «Lessons learned from urban agriculture projects in African cities,» Nairobi, Kenya, June 21 - 25 1998.
- Nzom-Zamo A.-CL, D. Belghyti and M. Lyagoubi. 2003. Parasitological study of helminths eggs carried by the untreated wastewater of the Maamora urbain district (Kenitra-Morocco). Journal Européen d'Hydrologie, 34 (2) : 245 - 250.
- OMS. 1997. Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève, 31 p.
- ONEP. 1995. Dossier technique relatif à la détermination des zones de protection rapprochées et éloignées du champ Ahmed Taleb, ONEP, Rabat, 61p.
- ONEP. 1999. Caractérisation quantitative et qualitative des eaux usées. Guide de bonne pratique. Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, ONEP, Rabat, 45 p.
- Otokunefor T. V. and C. Obiukwu. 2005. Impact of refinery effluent on the physicochemical properties of a water body in the Niger delta. Applied Ecology and Environmental Research 3 (1) : 61 - 72.
- Paniker et H. P. Krishnamoorthi. 1981. Parasites eggs and cysts reduction in oxydation ditches and aerated lagoons. Journal W.P.C.F., 53 : 1413 - 1419.
- Rodier J.. 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^e Edition, Dénod. Paris, 1383 p.
- SDNAL. 1998. Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide : Réutilisation des eaux usées en agriculture. Rapport du Ministère de l'Intérieur. Rabat. Maroc. 100 p.
- Schwartzbrod J. and S. Banas. 2003. Parasite contamination of liquid sludge from urban

- wastewater treatment plants. *Wat. Sci. Tech.*, 47 (3) : 163 - 166.
- Shepard M. R. N. 1971. The role of sewage treatment in the control of human Helminthiasis. *Helminth Abst*, 40 : 1 - 16.
- Sonnenberg L.B. and J. C. Holmes 1998. Physico-chemical characteristics of dissolved organic matter in untreated and treated pulp and paper mill wastewaters. *Proceedings, TAPPI International Environmental Conference, Vancouver, BC*, 1 - 11 p.
- Stien et J. Schwartzbrod. 1987. Devenir des œufs d'Helminthes au cours d'un cycle d'épuration des eaux usées urbaines. *Revue internationale des séries de l'eau*, 3 (3/4) : 77 - 82.
- Thomas O. 1995. *Métiologie des eaux résiduaies*. Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège, Paris, 200 p.
- Wethe J., M. Kientga, D. Kone et N. Kuela. 2002. Profil du recyclage des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Ouagadougou. *Visité d'Etude et Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine : un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest*. Rapport final, Ouagadougou, Burkina. 183 p.