

Caractérisation parasitologique des eaux usées réutilisées en agriculture dans le Maroc Oriental (Oujda)

Khadija DSSOULI¹, Mohammed KHARBOUA¹, Khalid KHALLAAYOUNE^{2a},
Hassan EL HALOUANI¹ & Benyounes HALOUI¹

(Reçu le 14/09/2000 ; Accepté le 19/03/2001)

استعمال مياه الواد الحار في الفلاحة بالمغرب الشرقي (مدينة وجدة) : تصنيف طفيليات المياه المستعملة

تستعمل مياه الواد الحار لمدينة وجدة كاملة لسقي أكثر من 518 هكتارا موزعة على الشكل التالي : 43% لعلف الماشية، 23% للحبوب، 24% للأشجار و 10% للخضروات. و يتجلى الهدف من هذه الدراسة في تقييم خطورة الطفيليات على صحة الإنسان و الحيوان عند استعمال هذه المياه في الفلاحة. و أثبتت تحاليلها وجود طفيليات من نوع ديدان خيطية (nematodes) و ديدان شريطية (cestodes) و يتراوح توزيعها ما بين 21,01 بويضة في اللتر بقناة التطهير الرئيسية و بمعدل 9,81 بويضة في اللتر بقناة التطهير الثانوية و بمعدل 2,53 بويضة في اللتر بواد بونعائم مع نسب العينات الإيجابية المتطابقة 97%، 80%، 75%. أهم البويضات الموجودة بهذه المياه : أسكريس (Ascaris) المنتسبة للديدان الخيطية (nematodes).

الكلمات المفتاحية : مياه الواد الحار - الطفيليات - بويضات - الديدان المعوية - الفلاحة - وجدة

Caractérisation parasitologique des eaux usées réutilisées en agriculture dans le Maroc Oriental (Oujda)

Les eaux usées de la ville d'Oujda sont utilisées en totalité pour l'irrigation de 518 hectares. Les superficies irriguées sont composées de 43% de cultures fourragères, 23% de céréaliculture, 24% d'arboriculture et 10% de cultures maraîchères ou cultures à risque. L'objectif de cette étude est d'évaluer le risque potentiel lié aux œufs d'helminthes auquel les populations humaines et animales peuvent être exposées lors de la réutilisation des eaux usées en agriculture. Les analyses parasitologiques montrent que les teneurs moyennes en œufs d'helminthes (Nématodes et Cestodes) sont de 21,01 œufs/l pour le canal principal (Cp), 9,81 œufs/l pour le collecteur secondaire (Cs) et de 2,53 œufs/l pour l'Oued Bounaim avec des taux d'échantillons positifs respectifs de 97%, 80% et 75%. Les œufs identifiés sont dominés par les nématodes et en particulier par le genre *Ascaris*. Les principaux genres identifiés sont : *Ascaris*, *Trichuris*, *Ankylostoma*, *Strongyloides* pour la classe des nématodes, *Hymenolepis* et *Taenia* pour les cestodes.

Mots clés : Eaux usées - Réutilisation - Parasites - Œuf d'helminthes - Agriculture - Oujda

Parasitological characterization of wastewater reuse in agriculture in the East of Morocco (Oujda City)

The wastewater of Oujda city are used for the irrigation of 518 hectares. the irrigated areas: 43% of fodder, 23% cereals, 24% arboriculture and 10% Culture of risk. The objective of this study is to evaluate the potential risk related to helminth eggs to which both human and animal populations are exposed during the reuse of wastewater in agriculture. The parasitological analyses show that the average concentrations of helminth eggs (nematodes and cestodes) are 21,01 eggs/l for the main canal (Cp), 9,81 eggs/l for the secondary collector (Cs) and 2,53 eggs/l for Bounaim stream with the respective percentages of 97%, 80% and 75% positives samples. The identified eggs are dominated by nematodes and particularly by the *Ascaris* sp. The principal identified types are: *Ascaris* sp, *Trichuris* sp, *Ankylostoma* sp, *strongyloides* sp, for the nematodes class, *Hymenolepis* sp and *Taenia* sp for the cestodes class.

Key words : Wastewater - Reuse - Parasites - Helminth eggs - Agriculture - Oujda

¹ UFR des Sciences de l'environnement en milieu aride et semi aride, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Oujda

² Département de parasitologie, IAV Hassan II, BP 6202 Instituts 10101, Rabat, Maroc

^a Auteur correspondant, e-mail : k.khalyoun@iav.ac.ma

INTRODUCTION

Dans les pays où les ressources en eau sont très limitées, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation des cultures présente une alternative de choix (Shuval *et al.*, 1986 ; EL Hamouri, 1992). Cependant, cette réutilisation peut présenter des risques sanitaires à la fois pour les populations humaines et animales (Mara *et al.*, 1978 ; Feacham *et al.*, 1983 ; Prost *et al.*, 1989 ; Gaspard & Shuval, 1992). Ce risque est attribué à la présence dans les eaux usées d'un grand nombre d'agents pathogènes comme les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Lecler *et al.*, 1982 ; Shuval *et al.*, 1986).

L'OMS qualifie la présence des helminthes parasites, en particulier les nématodes intestinaux (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ankylostoma*), comme principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture à cause de leur dose infectante faible et leur longue survie dans l'environnement (OMS, 1989). De ce fait, l'aspect parasitologique des eaux usées doit faire l'objet d'une attention particulière avant tout projet de réutilisation des eaux usées en agriculture (OMS, 1989).

Au Maroc Oriental, les eaux usées de la ville d'Oujda sont réutilisées dans leur totalité en agriculture (520 hectares) sans aucun traitement préalable pour l'irrigation de diverses cultures y compris les cultures maraîchères (El Halouani, 1995).

L'objectif de cette étude est d'évaluer le risque sanitaire potentiel auquel sont exposés la population humaine et le cheptel lors de la réutilisation de ces eaux usées en agriculture.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Site d'étude

La ville d'Oujda est située au Nord-Est du Maroc à 550 m d'altitude, 34°40' latitude Nord et 4°15'

longitude Ouest. La population qui de l'ordre de 390 000 habitants déverse quotidiennement plus de 33560 m³/j (400 l/s) d'eaux usées (El Halouani, 1995 ; Dssouli, 1997). Le climat est de type semi-aride à aride avec des températures maximales variant de 30,5 à 33,5°C, des températures minimales allant de 3,3 à 6,2°C et des précipitations avoisinant les 300 mm/an (Tableau 1) (Dssouli, 1997).

Le réseau d'assainissement avec 80% de raccordement est de type unitaire. Il est adapté à la topographie. D'après Cadillon *et al.* (1993), il est constitué d'un :

- Collecteur principal (Cp) évacuant plus de 60%, drainant la totalité des eaux usées du centre urbain y compris celle de l'hôpital provincial Al Farabi, du quartier Lamhalla au Sud Est, des quartiers limitrophes au centre au Nord-Est (Zangout, El Qods, Lazaret, etc.) et une partie des quartiers de la zone ouest. Il évacue aussi les eaux usées de la zone industrielle au nord de la ville. Le débit du collecteur principal (Cp) est 250 l/s.
- Collecteur secondaire (Cs) drainant les eaux usées de certains quartiers de la zone ouest (village Toba, village Qoulouche).
- Oued Bounaïm drainant une quantité non négligeable des eaux usées de la ville : les eaux usées des habitations riveraines de l'oued au Sud-Est, les eaux de colatures des terrains d'épandage irrigués par le collecteur Cs et des eaux de pluie.

Le débit global du collecteur secondaire (Cs) et de l'Oued Bounaïm est de l'ordre de 150 l/s soit 40% du débit total.

2. Échantillonnage

Les prélèvements des eaux usées ont été effectués mensuellement aux exutoires des collecteurs principal (Cp), secondaire (Cs) et au niveau de l'Oued Bounaïm. Un échantillon de 10 litres d'eau usée est prélevé entre 10 et 11 heures, horaire pendant lequel le débit est maximal comme cela a été rapporté par Cadillon *et al.* (1992) et par El

Tableau 1 Valeurs moyennes des variables climatiques de la région d'Oujda (Dssouli, 1997)

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T _j C min	3,3	5	6,2	7,6	10,6	14,2	17,9	18,8	16,1	12,3	8,5	5,2
T _j C max	15,3	17,3	18,9	21,2	24,4	28,2	33,5	31,3	30,5	24,8	20,1	16
T _j C moy.	9,3	11,2	12,6	14,4	17,5	21,2	25,7	26,8	23,3	18,6	14,3	11
ETP (mm)	51	63	81	102	121	150	189	193	137	94	68	54
P (mm)	26,9	32,8	37,8	26,4	28,6	7,2	2,4	2,5	17,1	20	42,1	18,1
D.Hydr.(mm)	24,1	30,2	43,2	75,6	92,4	142,8	186,6	190,5	119,9	74	25,9	33,9

T_jC min : température minimale, T_jC max : température maximale, T_jC moy. : température moyenne
ETP : évapotranspiration, P : précipitation, D. Hydr. : déficit hydrique

Halouani (1995). Chaque échantillon est réparti ensuite en 5 sous-échantillons de 2 litres qu'on laisse décanter pendant au moins 8 heures. Le surnageant est éliminé par aspiration et le sédiment est soumis à une centrifugation à 1500 g pendant 5 mn, le culot obtenu est soumis à l'analyse parasitologique.

3. Analyse parasitologique

L'identification des œufs d'helminthes à partir du culot obtenu est effectué selon le protocole expérimental de la technique d'Arther- Fitzgerald-Fox (Arther *et al.*, 1981). L'énumération des œufs est faite à l'aide de la lame Mac Master sous un microscope photonique.

La période d'étude a porté sur 3 cycles annuels pour le collecteur principal (Cp) (de janvier 1995 à décembre 1996 et de avril 1999 à mars 2000), 2 cycles pour l'Oued Bounaïm (de janvier 1996 à décembre 1996 et d'avril 1999 à mars 2000) et un cycle pour le collecteur secondaire (Cs) (de janvier 1996 à décembre 1996).

Afin d'apprécier les variations saisonnières des teneurs en œufs d'helminthes parasites, la durée

d'étude est répartie en 2 périodes (Tableau 1) :
 - Une période froide où les précipitations sont abondantes et les températures basses, qui s'étale de novembre à mars (5 mois) (Tableau 1).
 - Une période chaude caractérisée par des précipitations faibles, voire nulles, et des températures élevées. Elle s'étend d'avril à octobre (7 mois) (Tableau 1).

RÉSULTATS

L'analyse des résultats de cette étude a porté principalement sur la moyenne de 3 cycles annuels pour Cp, de 2 cycles pour l'Oued Bounaïm et d'un cycle pour Cs.

Les concentrations moyennes en œufs d'helminthes rencontrés dans les eaux usées des différents collecteurs de la ville d'Oujda sont représentées dans les figures 1, 2, 3 et le tableau 2. Les résultats révèlent que les teneurs moyennes varient de 10,23 œufs/l à 34,32 œufs/l avec un pourcentage d'échantillon positif de 97% pour les eaux usées du collecteur principal (Cp), de 5,54 œufs/l à 17,66 œufs/l avec un pourcentage d'échantillon positif de 92% pour le collecteur secondaire (Cs) et de 0,48 œufs/l à 5,82 œufs/l avec

Tableau 2. Comparaison de la teneur moyenne (œuf/l) et du pourcentage d'échantillon positif (%) en œufs d'helminthes des différents collecteurs des eaux usées à différentes saisons (PF: période froide, PC : période chaude)

Collecteurs	Espèces													Total Cestodes	Total Helminthes
	Asc	Strg	Strgy	Tric	Ent	Ank	Cap	Total nématodes	Hym	Tae	Monz	Total			
Cp n=36															
T.m.	10,47±1,67	6,08±0,74	1,18±0,37	0,27±0,09	0,21±0,06	0,02±0,01	0,01±0,01	18,15±1,84	2,62±0,61	0,08±0,02	0,19±0,12	2,85±0,61	21,01±1,79		
% moy.	97	97	56	39	33	17	3	97	67	19	17	75	97		
PF (%)	100	100	40	27	13	13	0	100	60	13	13	67	97		
PC (%)	95	95	71	48	48	19	5	95	86	24	19	81	95		
PF (œuf/l)	9,48	6,23	0,43	0,17	0,1	0,01	0	16,44	2,66	0,04	0,04	2,59	19,05		
PC (œuf/l)	11,2	5,97	1,72	0,34	0,29	0,03	0,01	19,37	2,59	0,1	0,29	3,04	22,41		
Cs n=12															
T.m.	3,43±0,91	2,59±0,67	0,44±0,29	0	0	0,25±0,23	0	6,71±1,17	3,1±0,62	0	0	3,1±0,62	9,81±1,41		
% moy.	75	83	17	0	0	8	0	92	83	0	0	83	92		
PF (%)	40	80	20	0	0	20	0	80	60	0	0	60	80		
PC (%)	100	86	14	0	0	0	0	100	100	0	0	100	100		
PF (œuf/l)	0,74	3,03	0,38	0	0	0,58	0	4,75	3,55	0	0	3,55	8,3		
PC (œuf/l)	5,35	2,28	0,48	0	0	0	0	8,11	2,78	0	0	2,78	10,9		
OB n = 24															
T.m.	1,53±0,36	0,51±0,21	0,19±0,09	0	0,05±0,04	0	0,09±0,04	2,35±0,56	0,17±0,07	0	0,01±0,01	0,18±0,08	2,53±0,56		
% moy.	54	29	17	0	4	0	13	71	25	0	4	25	75		
PF (%)	50	20	10	0	0	0	10	50	20	0	0	20	60		
PC (%)	57	36	21	0	7	0	14	50	29	0	7	29	86		
PF (œuf/l)	1,86	0,68	0,19	0	0	0	0,08	2,82	0,25	0	0	0,25	3,07		
PC (œuf/l)	1,29	0,41	0,19	0	0,08	0	0,08	2,01	0,11	0	0,01	0,13	2,14		

Cp: collecteur principal; Cs: collecteur secondaire; T.m. : Teneur moyenne

Nématodes : Asc : Ascaris, Strg : Strongle, Strgy : Strongyloides, Tri : Trichuris, Ent : Enterobius, Ank : Ankylostoma, Cap : Capillaria

Cestodes : Hym : Hymenolepis, Tae : taenia, Mon : Monezia

un pourcentage d'échantillon positif de 75% pour l'Oued Bounaïm (Tableau 2).

Les œufs d'helminthes rencontrés dans les eaux usées appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec une forte prédominance des nématodes (Figures 1, 2, 3 et Tableau 2). Pour les nématodes, les teneurs moyennes sont de 18,15 œufs/l, dans le Cp, 6,71 œufs/l dans le Cs et 2,35 œufs/l dans l'Oued Bounaïm. Les cestodes sont présents avec des teneurs de l'ordre de 2,85 œufs/l dans le Cp, de 3,1 œufs/l dans le Cs et de 0,18 œufs/l dans l'Oued Bounaïm. Les œufs de nématodes rencontrés dans les eaux usées sont représentés

par *Ascaris* sp, les Strongles, *Strongyloides* sp, *Trichuris* sp, *Ankylostoma* sp et *Capillaria* sp et ceux des cestodes sont représentés par *Hymenolepis* sp, *Tænia* sp et *Moniezia* sp (Tableau 2).

L'analyse des variations saisonnières de la charge en œufs d'helminthes des eaux usées des collecteurs Cp et Cs montre une légère augmentation des teneurs moyennes pendant la période chaude par rapport à la période froide. Les teneurs moyennes en période chaude sont de 22,41 œufs/l dans le Cp et de 10,90 œufs/l dans le Cs. En période froide, elles sont de 19,05 œufs/l dans le Cp et 8,30 œufs/l dans le Cs. Généralement, dans les eaux usées du Cp et du Cs, les œufs d'*Ascaris* prédominent. Au niveau du Cp, leurs teneurs moyennes sont de 11,20 œufs/l en période chaude et de 9,48 œufs/l en période froide. Tous les échantillons examinés sont positifs durant les deux périodes (Tableau 2). Dans le Cs, les teneurs moyennes sont de 5,35 œufs/l en période chaude et de 0,74 œufs/l en période froide. 100% des échantillons sont positifs en période chaude et 40% en période froide (Tableau 2).

Les pourcentages d'échantillons contenant des nématodes et des cestodes pendant la période chaude sont supérieurs à ceux de la saison froide surtout au niveau du Cs (Tableau 2).

Les variations saisonnières de la charge en œufs d'helminthes isolés à partir des eaux usées de l'Oued Bounaïm présentent des teneurs et des pourcentages d'échantillons positifs semblables aux cours des périodes chaudes et froides (Tableau 2).

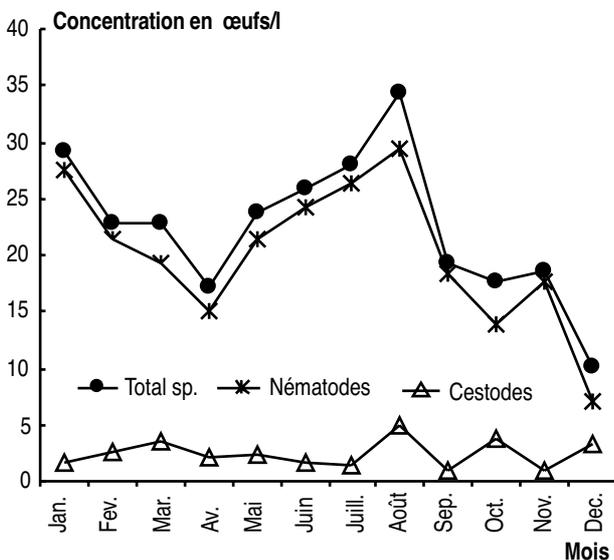


Figure 1. Évolution de la concentration moyenne en œufs d'helminthes dans les eaux usées du collecteur principal (Cp) (moyenne de 3 cycles annuels)

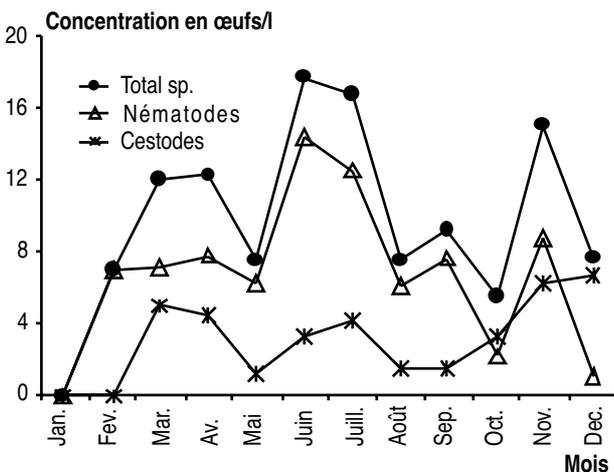


Figure 2. Évolution de la concentration moyenne en œufs d'helminthes dans les eaux usées du collecteur secondaire (Cs) (moyenne d'un cycle annuel)

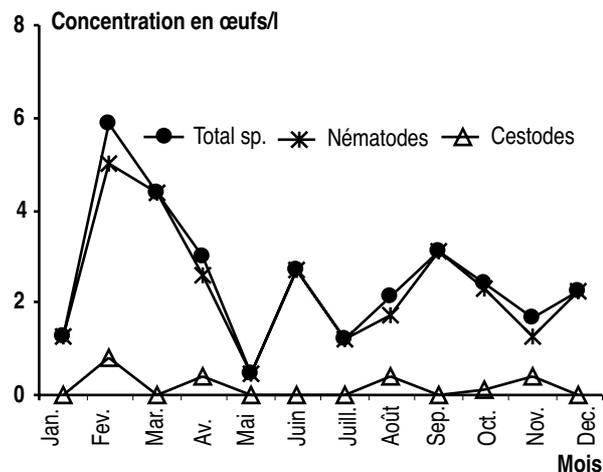


Figure 3. Évolution de la concentration moyenne en œufs d'helminthes dans les eaux usées d'Oued Bounaïm (moyenne de 2 cycles annuels)

DISCUSSION

Les analyses parasitologiques des eaux usées des différents collecteurs de l'agglomération urbaine d'Oujda montrent des teneurs moyennes en œufs d'helminthes parasites de l'ordre de 21,01 œufs/l comme teneur moyenne et des valeurs extrêmes allant de 12,23 œufs/l à 34,32 œufs/l pour le Cp et une moyenne de 9,81 œufs/l avec des valeurs extrêmes allant de 0 à 17,66 œufs/l pour le Cs.

Les teneurs en œufs d'helminthes parasites mises en évidence dans les eaux usées brutes de la ville d'Oujda sont comparables à celles qui sont rencontrées dans les eaux usées de certaines villes marocaines comme Marrakech avec des variations de 4 œufs/l à 32 œufs/l (Mandi *et al.*, 1993; Ouazzani *et al.*, 1995), Ouarzazate avec 18 œufs/l (Chalabi *et al.*, 1991 ; El Maroufy, 1992 ; Firady, 1996) et Beni Mellal avec 25,3 œufs/l (Naour, 1996).

Elles sont aussi du même ordre que celles qui sont mises en évidence dans les eaux usées de certains pays à climat aride comme l'Égypte avec 6 œufs/l à 42 œufs/l (Shereif *et al.*, 1995 ; Stott *et al.*, 1997). Les eaux usées d'Oujda sont faiblement chargées par rapport aux eaux usées de certains pays d'Amérique Latine comme le Brésil avec 1490 œufs/l (Mara & Silva, 1986) et très chargées par rapport aux eaux usées de certaines villes européennes comme Nancy en France avec 8 œufs/l (Stein & Schwartzbrod, 1987).

Les œufs d'helminthes parasites rencontrés dans les eaux usées d'Oujda appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec une forte prédominance des nématodes. Aucun œuf des trématodes n'a été identifié durant la période d'étude.

Nos résultats sont similaires à ceux de Stein & Schwartzbrod (1990) en France, Alouini (1993) en Tunisie, Stott *et al.* (1997) en Égypte, Guessab *et al.* (1993), Bouhoum *et al.* (1994) au Maroc, à l'exception des eaux usées d'Ouarzazate où les Cestodes représentent 60% des œufs d'helminthes (Firadi, 1996).

Les helminthes parasites isolés à partir des eaux usées d'Oujda sont représentés essentiellement par *Ascaris* sp, les Strongles (*Strongyloides* sp, *Trichuris* sp, *Enterobius* sp, *Ankylostoma*, *Hymenolepis* sp, *Tænia* sp et *Moniezia* sp), avec une prédominance significative des œufs d'*Ascaris*

(100% d'échantillons positifs). Cette diversité de parasites rapportée par d'autres auteurs montre que les sources de contamination sont d'origines humaine et animale (Fox & Fitzgerald, 1977, Schwartzbrod & Bouhoum, 1987, Stott *et al.*, 1997).

Cette étude a également mis en évidence les variations saisonnières qualitatives et quantitatives des œufs d'helminthes dans les eaux usées des différents collecteurs de la ville d'Oujda. Cette évolution se traduit par des teneurs élevées en œufs d'helminthes, principalement celle d'*Ascaris*, pendant la période chaude et des teneurs faibles en période froide. Cette différence de concentration serait liée aux variations saisonnières de l'infestation.

Dans ce sens, Chalabi (1996) et Stott *et al.* (1997) ont rapporté que pendant la période chaude, les conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de rayonnement solaire présenteraient des valeurs optimales pour la maturation des œufs d'helminthes dans le milieu extérieur. Alors que pendant la période froide les conditions climatiques sont défavorables pour la maturation des œufs, d'une part, et la dilution des œufs d'helminthes par les précipitations, d'autre part.

La comparaison des résultats des analyses parasitologiques des différents collecteurs d'eaux usées de la ville d'Oujda nous permet de constater que le collecteur principal (Cp) présente la charge la plus élevée avec 21,01 œufs/l et l'Oued Bounaïm la plus faible avec 2,53 œufs/l. Cette différence de teneur peut s'expliquer par le fait que le Cp draine plus de 60% des eaux usées rejetées par la ville et, par conséquent, le nombre d'habitants raccordés au Cp est plus élevé que celui desservi par les autres collecteurs Cs et l'Oued Bounaïm.

Selon Bouhoum (1996), la teneur en œufs d'helminthes est fortement liée au facteur démographique. Par ailleurs, le Collecteur principal (Cp) draine les rejets d'eaux usées de l'hôpital provincial Al Farabi, susceptible de contenir des agents pathogènes autres que les œufs d'helminthes intestinaux (Dssouli, 1997).

Les eaux usées de l'Oued Bounaïm présentent une charge en œufs d'helminthes parasites qualitativement et quantitativement très faible par rapport à celles des collecteurs Cp et Cs. Ceci trouverait son explication dans le mode d'accès aux usées le long de l'Oued. Il a été constaté la présence de retenues d'eaux usées au niveau de chaque

station de pompage qui permet une alimentation en permanence. Ces retenues sont en nombre de 40, d'une largeur chacune de 30 mètres (lit de l'Oued) et d'une profondeur de 30 à 100 cm. Les faibles teneurs en œufs d'helminthes enregistrées au niveau de l'Oued seraient dues essentiellement à la réduction de la vitesse d'écoulement des eaux au niveau de la retenue, ce qui favoriserait leur sédimentation.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de Bouhoum (1996), qui a rapporté que le ruissellement des eaux usées le long d'une seguia à ciel ouvert, diminue considérablement leur charge en œufs d'helminthes à raison de 84,6% pour *Ascaris* sp, 80% pour *Hymenolepis* sp, 47,8% pour *Enterobius* sp et 37% pour *Trichuris* sp.

De même selon l'OMS (1989), la qualité sanitaire des eaux usées s'améliore dans les canaux à ciel ouvert et aussi dans les réservoirs de stockage. L'Oued Bounaïm a la particularité de présenter la double caractéristique d'être à la fois assimilé à un canal à ciel ouvert au niveau duquel plusieurs retenues comparables aux bassins de stockage sont installées.

Plusieurs auteurs ont rapporté que le mécanisme responsable de l'élimination des œufs d'helminthes au niveau des bassins de stockage (bassin de décantation) est la sédimentation (Gloyna, 1971; Panicker & Krishnamoorth, 1978 ; Feacham *et al.*, 1983 ; El Hamouri *et al.*, 1994, 1995, 1998). Ayers (1992) a rapporté que les œufs d'*Ascaris lumbricoides* présentent la vitesse maximale de sédimentation (2,04 cm/mn) sur les quatre genres étudiés *Trichuris trichura* (1,62 cm/mn), *Ankylostoma duodenale* (0,66 cm/mn) et *Taenia* sp (1,44 cm/mn).

Ces données expliquent bien les faibles teneurs en œufs d'*Ascaris* enregistrées dans les eaux usées de l'Oued Bounaïm par rapport aux eaux usées des collecteurs principal (Cp) et secondaire (Cs).

Il ressort de ce travail que la charge en œufs d'helminthes des eaux usées des différents collecteurs de la ville présente un risque potentiel évident pour la population humaine et pour le cheptel.

De ce fait, le traitement des eaux usées est une nécessité dans le cas de la réutilisation de ces eaux en agriculture.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par le Programme d'Appui à la Recherche Scientifique (PARS) coordonné par le CNR, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Rabat. Projet PARS AGRO 091.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Alouini Z. (1993) Flux de la charge parasitaire dans 5 stations d'épuration en Tunisie. *Rev. Sc. de l'eau* 6 : 453-463
- Arther R.G., Fitzgerald P.R. & Fox J.C. (1981) Parasite ova in anaerobically digested sludge. *J. Wat. Pollut. Cont. Fed.* 53 : 1333-1338
- Ayers R.M. (1992) On the removal of nematodes eggs in waste stabilisation ponds and consequent potential health risks from effluent reuse. Ph D thesis. University of Leeds, UK
- Bouhoum K. (1996) Étude épidémiologique des helminthiases chez l'enfant de la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech. Devenir des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans différents systèmes extensifs de traitement des eaux usées. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech
- Bouhoum K., Amahmid O., Asmama S. & Schwartzbrod J. (1994) Élimination des kystes de protozoaires pathogènes et des œufs d'helminthes parasites par différents systèmes de traitement des eaux usées: lagunage, boue activée, roselière et sur-irrigation drainage. *4^{ème} conférence internationale des limnologues d'expression Française*, Marrakech
- Cadillon M., Reaumaux Y. & Bize J. (1993) Le traitement et valorisation des eaux usées d'Oujda. Rapport préliminaire du programme de coopération Franco-marocaine, collectivités locales.
- Chalabi M., Khallayoune K. & EL Hamouri B. (1991) Œufs d'helminthes dans les eaux usées après traitement dans un chenal à haut rendement. *7^{ème} journée de Société Marocaine de parasitologie*, Marrakech
- Dssouli K. (1997) Réutilisation des eaux usées de la ville d'Oujda en agriculture : étude de l'aspect parasitologique (helminthes parasites). Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences, Oujda
- El Halouani H. (1995) Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement (cas de la ville d'Oujda). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Oujda

- El Hamouri B. (1998) Épuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. Rapport du projet MOR 86/018, PNUD-FAO-OMS.
- El Hamouri B. (1992) La réutilisation des eaux usées pour résorber le déficit en eau. *L'économiste*, mai, 31 : 36-37
- El Hamouri B., Jellal J., Outabiht H., Khallayoune K., Benkerroum A., Hajli A. & Firadi R. (1995) The performance of high rate algal pond in the moroccan climate. *Wat. Sci. Techn.* 31 : 67-74
- El Hamouri B., Khallayoune K., Bouzoubaa K., Rhallabi N. & Chalabi M. (1994) High-rate algal pond performances in faecal coliformes and helminth eggs removals. *Wat. Res.* Vol. 28 (1) : 171-174
- El Maroufy M. (1992) Traitement des eaux usées dans les bassins de stabilisation de Ouarzazate et leur réutilisation en agriculture. Aspect parasitologique. Thèse de 3^{ème} cycle, Faculté des sciences, Mèknes
- Feacham R.G., Bradley D.J., Garlick H. & Mara D.D. (1983) Sanitation and diseases : health aspects of excreta and wastewater management. John Wiley Publ., New York
- Firadi R. (1996) Épuration 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^{ème} cycle, Faculté des sciences, Marrakech.
- Fox J.C. & Fitzgerald P.R. (1977) Parasitic content of municipal wastes from the Chicago. *Area. J. Parasito.* 63 : 68
- Gaspard P. & Schwartzbrod J. (1982) Determination of the parasite contamination of irrigated vegetables. *Environ. Quality and ecosystem. Stability* Vol. V/A : 289-296
- Gloyna E.F. (1971) Waste stabilisation pond. Report. WHO. Geneve, 185 p.
- Guessab M., Bize J., Schwartzbrod J., Mani A., Morlot M., Nivault N. & Schawartzbrod L. (1993) Wastewater treatment by infiltration percolation on sand: result in Ben Sergo, Morocco. *Wat. Sc. Tech.* 27 : 91-95
- Lecler H., Festy B. & Lazar B. (1982) Connaissance de la pathologie hydrique. *Rev. Epid et santé publique* 30 : 363-385
- Mandi L., Ouazzani N., Bouhoum K. & Boussaid A. (1993) Wastewater treatment by stabilization pond with and withon macrophytes under arid climate. *Wat. Sc. Tech.* 28 (10) : 177-181
- Mara D.D & Cairncross S. (1978) Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. Measures for public health protection. Raport UNEP.33-65.WHO
- Mara D.D & Silva S.A. (1986) Removal of intestinalis nematode eggs in tropical waste stabilisation ponds. *J. Trop. Med. Hyg.* 89 : 71-74
- Naour N. (1996) Impact de la réutilisation des eaux usées en agriculture sur la contamination des cultures par les œufs d'helminthes. Thèse de 3^{ème} cycle, Faculté des sciences, Marrakech
- OMS (1989) L'ulilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations a avisées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Organisation mondial de la santé, Rapport technique n°778, Genève
- Ouazzani N., Bouhoum K., Mandi L., Bouarab L., Habbari K., Rafiq F., Picot B., Bontoux B. & Schawartzbrod J. (1995) Wastewater treatment by stabilization pond : Marrakech experiment. *Wat. Sc. Tech.* 32 (12) : 75-80
- Panicker P.V.R.C. & Krishnamoorth H.P. (1978) Elimination of enteric parasite during sewage treatment process. *Rap. IAWPC. Tech. Annual.* V. 130-138
- Prost A. & Boutin P. (1989) Le risque infectieux lors de l'utilisation des eaux usées en agriculture. *TSM. L'eau* 1 : 25-33
- Schwartzbrod J., Bouhoum K. & Baleux B. (1987) Effect of lagoon treatment on helminth eggs. *Wat. Sc. Tech.* 19 : 369-371
- Shereif M., EL Eassa M., El Samra M.I. & Mancy K.H. (1995) A demonstration of wastewater treatment for reuse applications in fish production and irrigation in Suez. *Egypt. Wat. Sc. Tech.* 32 (11) : 137-144
- Shuval H.I., Adin A., Fattal B., Rawitz E & Yekutieli P. (1986) Wastewater irrigation in developing countries. *World Bank Publ. Tech. paper series* n°51
- Stein J.L & Schwartzbrod J. (1990) experimental contamination of vegetables with helminth eggs. *Wat. Sc. Tech.* 22 (9) : 51-57

Stein J.L & Schwartzbrod J. (1987) Devenir des oeufs d'helminthes au cours d'un cycle d'épuration des eaux usées urbaines. *Rev. Int. Sci. Eau* 3 : 77-82

Stott R., Jenkins T., Shabana M. & May E. (1997) A survey of the microbial quality of wastewater in Ismailia, Egypt and the implications for wastewater reuse. *Wat. Sc. Tech.* 35 (11-12) : 211-217