

Étude de la contamination parasitologique des cultures irriguées par les eaux usées dans le Maroc Oriental (Oujda)

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

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

دراسة التلوث الطفيلي للزراعات المسقية بمياه الواد الحار في منطقة المغرب الشرقي (وجدة)

تم استعمال مياه الواد الحار في الفلاحة بمنطقة وجدة، وأثبتت التحاليل بأن المزروعات المسقية بمياه قناة التطهير الرئيسية (cp)، تتميز بعينات مرتفعة من الطفيليات التي تنحصر بين 19,89 بويضة في 100g من التربة و 27,68 بويضة في 100g من الجذور و 9,21 بويضة في 100g من الأوراق. وتكون متبوعة بالمزروعات المسقية بمياه قناة التطهير الثانوية (cs) بنسبة 6,57 بويضة في 100g من التربة و 5,73 بويضة في 100g من الجذور و 4,15 بويضة في 100g من الأوراق، وأخيرا المزروعات المسقية بواد بونعائم التي تحتوي على 1,33 بويضة في 100g من التربة، و 5,26 بويضة في 100g من الجذور و 2,96 بويضة في 100g من الأوراق. أهم الطفيليات المتميزة بالنسبة للديدان الخيطية : أسكاريس سترونغل، تريكيريس، أنكيلوستوم، سترونجيلويدس. أما بالنسبة للديدان الشريطية فهي : مونيزيا، تينيا، هيمينوليبيس

الكلمات المفتاحية : تلوث - استعمال مياه الواد الحار - الفلاحة - بويضات الديدان المعوية - مزروعات - جذور - أوراق - تربة - وجدة - المغرب

Étude de la contamination parasitologique des cultures irriguées par les eaux usées dans le Maroc Oriental (Oujda)

Cette étude a pour objectif d'évaluer le risque potentiel lié aux helminthes parasites pour la population humaine et le cheptel dans la région d'Oujda. Les analyses parasitologiques montrent que les cultures irriguées par les eaux usées du collecteur principal (Cp) présentent les teneurs moyennes les plus élevées avec 19,89 œufs/100 g de sol, 27,68 œufs/100 g de racines et 9,21 œufs/100 g de feuilles, suivies de celles irriguées par les eaux usées du collecteur secondaire (Cs) avec 6,57 œufs/100 g de sol, 5,73 œufs/100 g de racines et 4,15 œufs/100 g de feuilles et enfin celles irriguées par les eaux usées de l'Oued Bounaïm avec 1,33 œufs/100 g de sol, 5,26 œufs/100 g de racines et 2,96 œufs/100 g de feuilles. Les principaux parasites identifiés sont : *Ascaris* sp, Strongles, *Trichuris* sp, *Ankylostoma* sp, *Strongyloides* sp pour la classe des nématodes, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp and *Moniezia* sp pour la classe des cestodes.

Mots clés : Contamination - Cultures irriguées - Eaux usées - Œufs d'helminthes - Végétaux - Sol - Racine - Feuille - Oujda - Maroc

Parasitological contamination Study of irrigated cultures by wastewater in Oujda (Morocco)

The objective of this study is to evaluate the potential risk related to helminth parasites for both human and animal populations in the region of Oujda. The result of parasitological analyses show that it is the culture irrigated by the wastewater of the main canal (Cp) which present the highest average concentrations with 19,89 eggs/100 g of the soil, 27,68 eggs/100 g of the roots and 9,21 eggs/100 g of the leaves, followed by the culture irrigated by the wastewater of the secondary collector (Cs) with 6,57eggs/100 g of the soil, 5,73 eggs/100 g of the roots and 4,15 eggs/100 g of the leaves and finally the culture irrigated by the wastewater of Bounaim stream with 1,33 eggs/100 g of the soil, 5,26 eggs/100 g of the roots and the 2,96 eggs/100 g of the leaves. the principal identified types are : *Ascaris* sp, Strongles, *Trichuris* sp, *Ankylostoma* sp, *Strongyloides* sp for the nematodes class, *Hymenolepis* sp, *Taenia* sp and *Moniezia* sp for the cestodes class.

Key words : Reuse - Wastewater - Helminth eggs - Plants - Soil - Root - Leaf - Oujda - Morocco

¹ UFR des Sciences de l'Environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Oujda, Maroc

² Département de Parasitologie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202-Instituts, 10101 Rabat, Maroc

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

INTRODUCTION

Afin de préserver les ressources en eau naturelle pour l'alimentation et de résorber le déficit hydrique pour l'agriculture, la mobilisation des ressources en eaux non conventionnelles serait l'une des options les plus prometteuses (El Hamouri, 1992). En effet, les eaux usées constituent, en plus de l'apport hydrique, une source en éléments fertilisants pouvant aller jusqu'à la suspension du recours à la fertilisation artificielle (Saenz, 1986).

Cependant, cette pratique reste non dénuée de risques sanitaires pour les populations humaine et animale tant que les mesures de protection qui s'imposent n'ont pas été prise en compte à cause de la charge en éléments pathogènes des eaux usées comme les bactéries, les virus et les parasites (Bryan, 1977).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1989) a souligné la gravité du risque sanitaire lié aux œufs d'helminthes et principalement les nématodes intestinaux lors de la réutilisation des eaux usées en agriculture, à cause de leur résistance et leur longue survie dans l'environnement et particulièrement au niveau du sol et des végétaux. De nombreuses études épidémiologiques ont démontré l'existence d'un risque réel lié aux infections helminthiques lors de la réutilisation agricole des eaux usées (Shuval *et al.*, 1984 ; Raisanen *et al.*, 1985 ; Shuval *et al.*, 1986 ; Srivastava & Pandey, 1986 ; Habbari, 1992 ; Bouhoum *et al.*, 1994). En parallèle, plusieurs auteurs ont mentionné la contamination des produits agricoles dans les régions d'épandage des eaux usées ou des boues (Kumada, 1965 ; Choi, 1970 ; Anaur *et al.*, 1977 ; Ayers, 1992 ; Ayers *et al.*, 1992). De même, Kowal (1985) a rapporté que l'irrigation des cultures fourragères avec les eaux usées conduit aux risques de cysticercose pour le bétail.

Si l'analyse parasitologique des cultures permet d'estimer le risque potentiel pour le consommateur, l'analyse du sol qui réagit comme un réservoir en adsorbant et ou en filtrant les éléments présents dans les eaux usées devrait permettre de façon plus rigoureuse d'évaluer le risque sanitaire potentiel pour les ouvriers travaillant la terre (Firadi, 1996).

L'objectif de la présente étude est d'évaluer le degré de contamination parasitaire en œufs d'helminthes des cultures et du sol irrigués à l'aide d'eaux usées brutes de l'agglomération urbaine d'Oujda. Une telle évaluation permettra d'évaluer le risque potentiel auquel sont exposées la population humaine et le cheptel.

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, avec une population urbaine de 390 000 habitants qui déversent quotidiennement plus de 33 560 m³/j (400l/s) d'eaux usées (El Halouani, 1995 ; Dssouli, 1997). Le climat de la région 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 bien adapté à la topographie. Il est réparti en un collecteur principal (Cp), évacuant plus de 60%, un collecteur secondaire (Cs) et l'Oued Bounaim drainant une quantité non négligeable des eaux usées de la ville (habitation riveraine et excès du Cs) (Cadillon *et al.*, 1993). La réutilisation des eaux usées se pratique sur deux zones bien distinctes : zone 1 de

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

Jouadra avec une superficie de 251 hectares irriguée par écoulement gravitaire à partir du Cp et zone 2 de Zghamim avec une superficie de 267 hectares irriguée, d'une part, à partir de Cs par écoulement gravitaire en rive droite et, d'autre part, par pompage à partir des eaux usées de l'Oued Bounaim en rive gauche. Les cultures pratiquées dans les deux zones se répartissent en moyenne de la façon suivante : 38,5% pour les cultures fourragères, 28,5% pour la céréaliculture, 21,5% pour l'arboriculture et 11,5% pour les cultures maraîchères (El Halouani, 1995).

2. Échantillonnage

Les prélèvements du sol et des végétaux ont été effectués mensuellement au niveau de 3 parcelles : la première irriguée avec les eaux usées du collecteur principal (Cp) en zone 1, la seconde par le collecteur secondaire (Cs) en zone 2 et la troisième avec les eaux usées de l'Oued Bounaim en zone 2. La période d'étude a porté sur deux cycles annuels (de janvier 1995 à décembre 1996) pour le suivi de la première parcelle et sur un cycle annuel (de janvier 1996 à décembre 1996) pour la deuxième et la troisième parcelle. Trois échantillons du sol, de la partie supérieure (feuilles) et inférieure (racines) des végétaux ont été prélevés d'une façon aléatoire au niveau des parcelles étudiées. La partie supérieure du végétal est prélevée à partir de 10 cm du ras du sol. Un échantillon composite de 50 grammes du sol, 20 grammes de feuilles et 20 grammes de racines est soumis à l'analyse parasitologique. Le végétal étudié est le sorgho (*Sorghum vulgare*) utilisé principalement comme plante fourragère.

3. Analyse parasitologique

3.1. Préparation de l'échantillon du sol

Le sol est dispersé mécaniquement puis tamisé afin d'éliminer les particules grossières. À 50 g du filtrat du sol est ajouté 300 ml de NaOH (0,01 N). Le tube contenant la solution est agité pendant une minute puis laissé se reposer 5 minutes. La solution est agitée de nouveau, puis filtrée dans un passe thé auquel est ajouté 210 ml de NaOH (0,01 N) et l'ensemble est centrifugé à une vitesse de rotation de 1200 g pendant 2 mn. Le surnageant obtenu est éliminé et le culot est soumis à l'analyse parasitologique selon le protocole expérimental de la technique d'Arther *et al.* (1981).

3.2. Préparation des échantillons des végétaux

La partie supérieure du végétal prélevée (20 g de feuilles) est lavée abondamment à l'eau de robinet, l'eau de lavage est tamisée, puis laissée à décanter. Après élimination du surnageant, le résidu est soumis à une centrifugation à 2200 g pendant 15 mn. Le culot ainsi obtenu est soumis en présence d'un liquide d'enrichissement (saccharose) à la technique d'Arther *et al.* (1981).

Les racines du végétal ont été débarrassées du sol, pesées, puis soumises à un traitement mécanique par lavage et brossage à l'eau distillée. La suspension ainsi obtenue est centrifugée à une vitesse de rotation de 1600 g pendant 5 mn. Le surnageant est éliminé et le culot est analysé comme décrit précédemment.

L'identification des œufs d'helminthes est faite à l'aide de la lame Mac Master sous microscope photonique.

Afin d'apprécier les variations saisonnières des teneurs en œufs d'helminthes parasites au niveau du sol, des racines et des feuilles, la durée d'étude a été répartie en 2 périodes (Tableau 1) :

- une période froide s'étalant de novembre à mars (5 mois) où les précipitations sont abondantes et les températures basses ;
- une période chaude s'étendant d'avril à octobre (7 mois), caractérisée par des précipitations faibles voire nulles et des températures élevées.

RÉSULTATS

1. Étude parasitologique du sol

Les résultats de l'analyse parasitologique du sol irrigué avec les eaux usées des trois collecteurs (Cp, Cs et Oued Bounaim) de la ville d'Oujda sont représentés par les Figures 1, 2 et 3. Ces résultats montrent que les teneurs moyennes varient de 5,56 œufs/100 g à 40,66 œufs/100 g avec un pourcentage d'échantillon positif de 96% pour le sol irrigué par les eaux usées du collecteur Cp, de 0 à 26,6 œufs/100 g avec un pourcentage d'échantillons positif de 58% pour le sol irrigué par le Cs et de 0 à 9,3 œufs/100 g avec un pourcentage d'échantillon positif de 33% pour le sol irrigué par l'Oued Bounaim.

Les teneurs moyennes en œufs d'helminthes dans les différents sols étudiés irrigués par les eaux usées sont de l'ordre de 19,89 œufs/100 g pour le sol irrigué par le Cp, de 6,57 œufs/100 g pour le sol

Tableau 2. Étude comparative de la teneur moyenne (œuf/100g) et du pourcentage d'échantillon positif (%) en œufs d'helminthes au niveau des sols des parcelles irriguées par les eaux usées des différents collecteurs à différentes saisons (PF: période froide, PC : période chaude)

Sols	Espèces											Total cestodes	Total helminthes	
	Asc	Strg	Strgy	Tric	Ent	Ank	Total nématodes	Hym	Tae	Monz	Total			
Parcelle irriguée par Cp (n=24)														
Tm	2,94±1,09	10,98±2,32	1,72±0,5	0,76±0,24	0,28±0,2	0	16,94±2,56	2,39±0,6	0,5±0,16	0,06±0,04	2,95±0,63	19,89±2,71		
% moy.	96	96	42	54	8	0	96	71	36	8	79	96		
PF (%)	100	100	40	50	10	0	100	60	30	0	70	100		
PC (%)	93	93	43	57	7	0	93	79	43	14	86	93		
PF *	1,78	11,07	1,2	0,74	0,44	0	15,23	1,48	0,45	0	1,93	17,16		
PC *	3,77	10,9	2,09	0,77	0,17	0	18,16	3,04	0,54	0,1	3,68	21,84		
Parcelle irriguée par Cs (n = 12)														
Tm	1,22±0,49	3,96±2,19	0,27±0,21	0,21±0,19	0	0	5,66±2,29	0,91±0,49	0	0	0,91±0,49	6,57±2,27		
% moy.	42	33	17	8	0	0	67	33	0	0	33	67		
PF (%)	20	20	0	0	0	0	40	20	0	0	20	40		
PC (%)	57	43	29	14	0	0	86	43	0	0	43	86		
PF	0,44	0,78	0	0	0	0	1,22	0,44	0	0	0,44	1,67		
PC	1,78	6,23	0,46	0,36	0	0	8,83	1,25	0	0	1,25	10,07		
Parcelle irriguée par O.B. (n = 12)														
Tm	0,51±0,25	0,21±0,2	0,08±0,08	0	0	0	0,8±0,33	0,53±0,5	0	0	0,53±0,5	1,33±0,74		
% moy.	33	8	8	0	0	0	33	8	0	0	8	33		
PF (%)	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20		
PC (%)	43	14	14	0	0	0	43	14	0	0	14	43		
PF *	0,4	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,4		
PC *	0,59	0,36	0,14	0	0	0	1,09	0,91	0	0	0,91	1,99		

Asc : Ascaris, Strg : Strongle, Strgy : Strongyloides, Tri : Trichuris, Ent : Enterobius, Ank : Ankylostoma, Hym : Hymenolepis, Tae : Taenia, Monz : Monezia ; Tm : teneur moyenne; Cp : collecteur principal, Cs : collecteur secondaire, n : nombre d'échantillons; O.B. : Oued Bounaim

* : œufs/100g

irrigué par le Cs et de 1,33 œufs/100 g pour le sol irrigué par l'Oued Bounaim (Tableau 2).

Les œufs d'helminthes rencontrés dans les différents sols appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec une nette prédominance de la classe des nématodes (Figures 1,2,3)

Les teneurs moyennes pour la classe des nématodes au niveau des sols irrigués par les différents collecteurs sont de 16,94 œufs/100 g pour le Cp; 5,66 œufs/100 g pour le Cs et 0,80 œufs/100 g pour l'Oued Bounaim. Pour les cestodes, les teneurs sont de l'ordre de 2,95 œufs/100 g (Cp); 0,91 œufs/100 g (Cs) et 0,53 œufs/100 g (Oued Bounaim) (Tableau 2).

Les œufs des nématodes rencontrés dans le sol sont représentés par *Ascaris* sp, *Strongles*, *Strongyloides* sp, *Trichuris* sp, *Enterobius* sp et *Ankylostoma* sp. Les œufs des cestodes sont représentés par *Hymenolepis* sp, *Tænia* sp et *Moniezia* sp (Tableau 2).

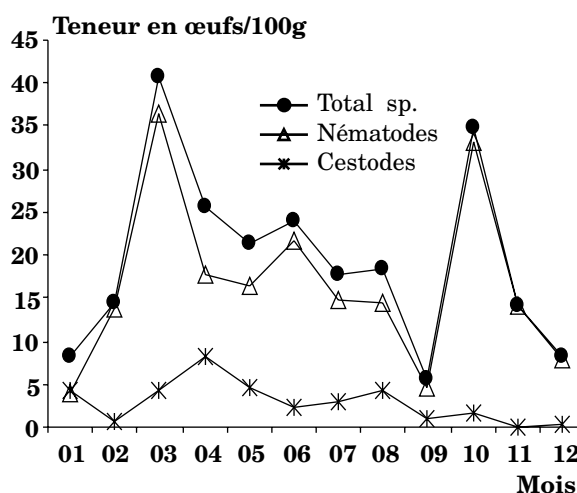


Figure 1. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes au niveau du sol irrigué par les eaux usées du collecteur principal (Cp) (moyenne de 2 cycles annuels)

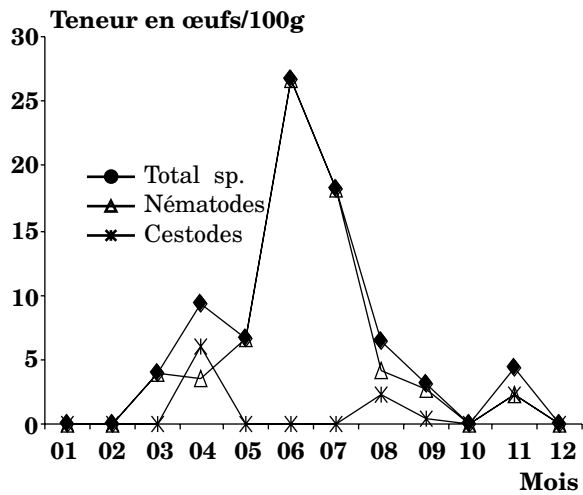


Figure 2. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes au niveau du sol irrigué par les eaux usées du collecteur secondaire (Cs) (un cycle annuel)

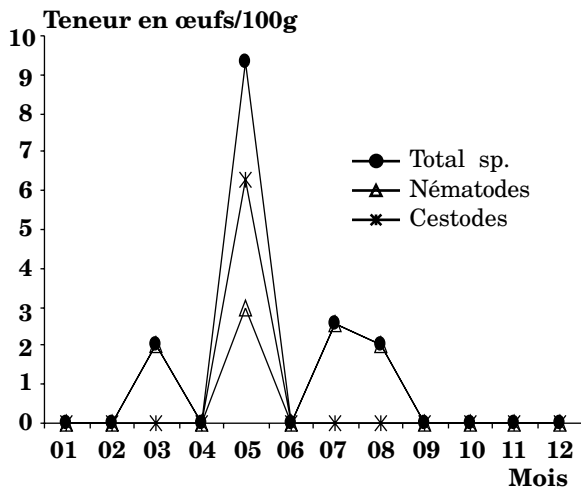


Figure 3. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes au niveau du sol irrigué par les eaux usées de l'Oued Bounaim (un cycle annuel)

La charge parasitaire en œufs d'helminthes rencontrés dans les trois sols est plus importante durant la période chaude qu'en période froide. Les teneurs moyennes de la période chaude dans les sols irrigués par les différents collecteurs sont de l'ordre de 21,84 œufs/100 g pour le Cp; 10,07 œufs/100 g pour le Cs et 1,99 œufs/100 g pour l'Oued Bounaim (Tableau 2). Les teneurs durant la période froide sont de l'ordre de 17,16 œufs/100 g (Cp); 1,67 œufs/100 g (Cs) et 0,40 œufs/100 g (Oued Bounaim) (Tableau 2). Que ce soit pour la période chaude ou pour la période froide, le genre *Ascaris* et les Strongles présentent les teneurs élevées parmi les genres isolés (Tableau 2)

2. Étude parasitologique des végétaux

2.1. Partie souterraine (racines)

Les résultats du suivi parasitologique de la partie souterraine des végétaux irrigués par les eaux usées de collecteur Cp, Cs et Oued Bounaim sont représentés par les figures 4, 5 et 6. Les teneurs en œufs d'helminthes varient de 9,82 œufs/100 g à 48,6 œufs/100 g avec une teneur moyenne de 27,68 œufs/100 g et un pourcentage d'échantillon positif de 100% pour les racines des végétaux irrigués par les eaux usées de Cp, de 0 à 32 œufs/100 g avec une teneur moyenne de 5,73 œufs/100 g et un pourcentage d'échantillon positif de 58% pour les racines des végétaux irrigués par les eaux usées de Cs et de 0 à 13,8 œufs/100 g avec une teneur moyenne de 5,26 œufs/100 g et un pourcentage d'échantillon positif de 67% pour les racines des végétaux irrigués par les eaux usées de l'Oued Bounaim (Tableau 3).

Comme pour le sol, les œufs d'helminthes rencontrés au niveau des racines appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec prédominance des nématodes (Figures 4, 5 et 6). Les teneurs moyennes des nématodes au niveau des racines des cultures irriguées par les différents collecteurs sont de 19,71 œufs/100 g pour le Cp; 3,96 œufs/100 g pour le Cs et 5,01 œufs/100 g pour l'Oued Bounaim (Tableau 3). Pour les cestodes, les teneurs moyennes sont de 8 œufs/100 g (Cp); 1,78 œufs/100 g (Cs) et 0,25 œufs/100 g (Oued Bounaim) (Tableau 3).

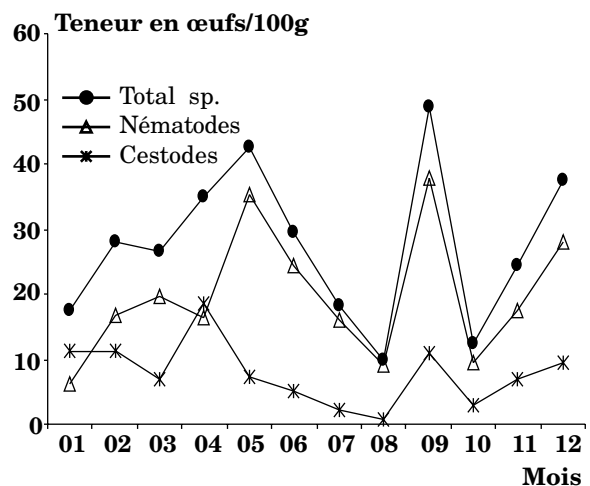


Figure 4. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées du collecteur principal (Cp) (moyenne de 2 cycles annuels)

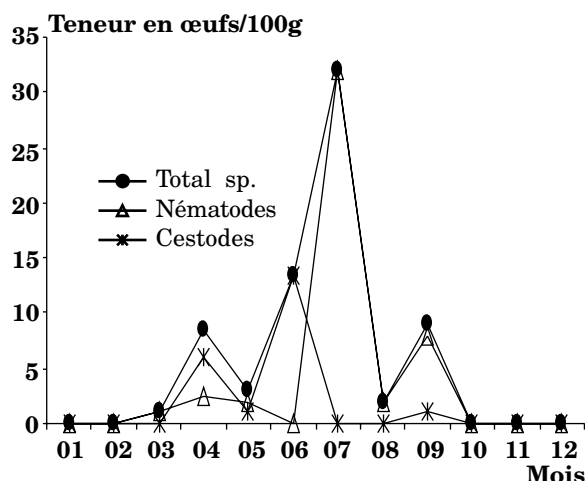


Figure 5. Évolution de la teneur moyenne en œufs d'helminthes au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées du collecteur secondaire (Cs) (un cycle annuel)

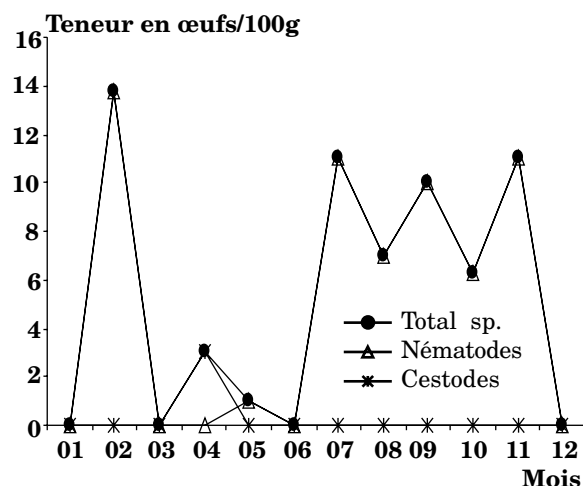


Figure 6. Évolution de la teneur moyenne en œufs d'helminthes au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées de l'Oued Bounaim (un cycle annuel)

Tableau 3. Étude comparative de la teneur moyenne (œuf/100g) et du pourcentage d'échantillon positif (%) en œufs d'helminthes au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées des différents collecteurs à différentes saisons (PF : période froide, PC : période chaude)

Racines	Espèces											
	Asc	Strg	Strgy	Tric	Ent	Ank	Total Ne.	Hym	Tae	Monz	Total Ce	Total He.
Parcelle irriguée par Cp n = 24												
Teneur moyenne	3,04	13,68	1,36	0,58	0,93	0,11	19,71	7,01	1±0,53	0	8±1,68	27,68
	±0,51	±1,96	±0,55	±0,17	±0,59	±0,07	±2,62	±1,55				±3,5
% moy.	88	100	38	42	13	13	100	75	33	0	79	100
PF (%)	90	100	30	50	10	20	100	70	20	0	70	100
PC (%)	86	100	43	36	14	7	100	79	43	0	86	100
PF*	2,33	13,77	0,61	0,53	0,22	0,13	17,59	8,88	0,18	0	9,16	26,74
PC*	3,55	13,62	1,9	0,62	1,44	0,1	21,22	5,67	1,59	0	7,17	28,35
Parcelle irriguée par Cs n=12												
Teneur moyenne	0,13	3,5	0,33	0	0	0	3,96	1,78	0	0	1,78	5,73
	±0,09	±2,5	±0,22				±2,52	±1,11			±1,11	±2,6
% moy.	17	42	17	0	0	0	50	33	0	0	33	58
PF (%)	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
PC (%)	29	57	29	0	0	0	71	57	0	0	57	86
PF*	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2
PC*	0,22	5,86	0,57	0	0	0	6,79	3,05	0	0	3,05	9,68
Parcelle irriguée par OB. n = 12												
Teneur moyenne	0,39	4,53	0,08	0	0	0	5,01	0,25	0	0	0,25	5,26
	±0,26	±1,37	±0,08				±1,5	±0,24			±0,24	±1,44
% moy.	17	58	8	0	0	0	58	8	0	0	8	67
PF (%)	0	40	0	0	0	0	40	0	0	0	0	40
PC (%)	29	71	14	0	0	0	71	14	0	0	14	86
PF*	0	4,96	0	0	0	0	4,96	0	0	0	0	4,96
PC*	0,67	4,22	0,14	0	0	0	5,05	0,43	0	0	0,43	5,47

Asc : Ascaris, Strg : Strongle, Strgy : Strongyloides, Tri : Trichuris, Ent : Enterobius, Ank : Ankylostoma, Hym : Hymenolepis, Tae : Taenia, Monz : Moniezia; Cp : collecteur principal, Cs : Collecteur secondaire ; Ne. : nématodes Ce.: Cestodes ; He. Helminthes ; n : nombre d'échantillons ; * : œuf/100g

Cette étude a mis en évidence la présence d'une variation saisonnière quantitative et qualitative de la charge parasitaire en œufs d'helminthes au niveau des racines. La partie inférieure du végétal

présente des charges parasitaires plus importantes en période chaude qu'en période froide. Les teneurs moyennes au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées

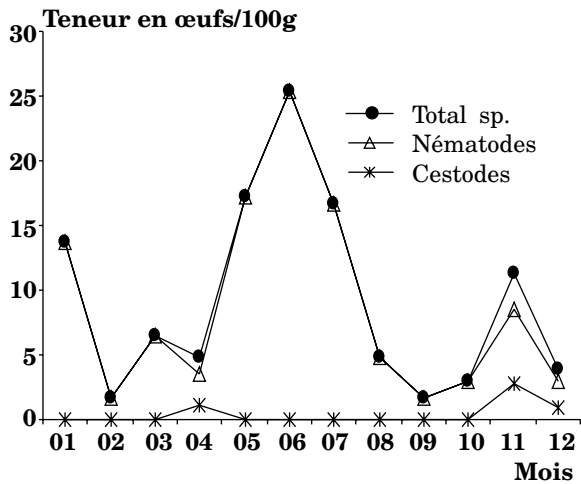


Figure 7. Évolution de la teneur moyenne en œufs d'helminthes au niveau des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du collecteur principal (Cp) (moyenne de 2 cycles annuels)

pour la période chaude sont de l'ordre de 28,35 œufs/100 g pour le Cp, de 9,68 œufs/100 g pour le Cs et de 5,47 œufs/100 g pour Oued Bounaim (Tableau 3). Les teneurs moyennes durant la période froide sont de l'ordre de 26,74 œufs/100 g (Cp), de 0,2 œufs/100 g (Cs) et de 4,96 œufs/100 g (Oued Bounaim) (Tableau 3). À l'exception des racines des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, les œufs d'helminthes identifiés au niveau des racines des végétaux irrigués par les eaux usées du Cs et de l'Oued Bounaim présentent une variation qualitative importante. Pendant la période chaude, les œufs isolés sont représentés par les espèces *Ascaris* sp, Strongles, *Strongyloides* sp et *Hymenolepis* sp. Pour la période froide, seuls les œufs de Strongles ont été isolés à partir des racines des végétaux irrigués par les eaux usées de Cs et de l'Oued Bounaim (Tableau 3). Pour les racines des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, les œufs d'helminthes identifiés durant les deux périodes appartiennent aux espèces suivantes : *Ascaris* sp, Strongles, *Strongyloides* sp, *Trichuris* sp, *Enterobius* sp, *Ankylostoma* sp, *Hymenolepis* sp et *Tænia* sp, avec des teneurs variables selon les périodes (Tableau 3).

2.2. Partie aérienne (feuilles)

Les résultats des analyses parasitologiques des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, du Cs et de l'Oued Bounaim sont représentés par les figures 7, 8 et 9. Les teneurs varient de 1,62 œufs/100 g à 25,31 œufs/100 g avec une moyenne de 9,21 œufs/100 g pour les feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, de 0 à 32 œufs/

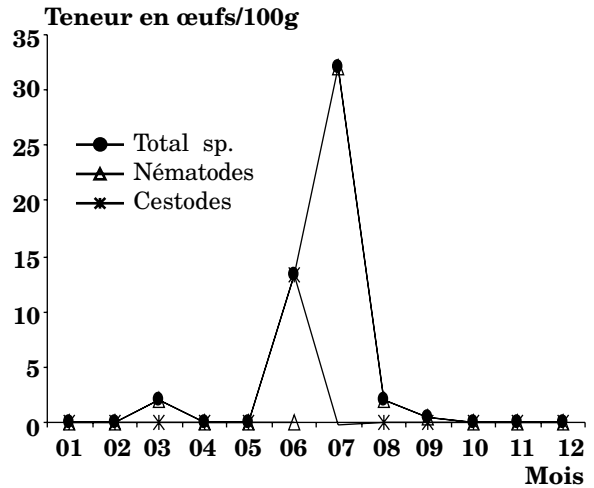


Figure 8. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes au niveau des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du collecteur secondaire (Cs) (un cycle annuel)

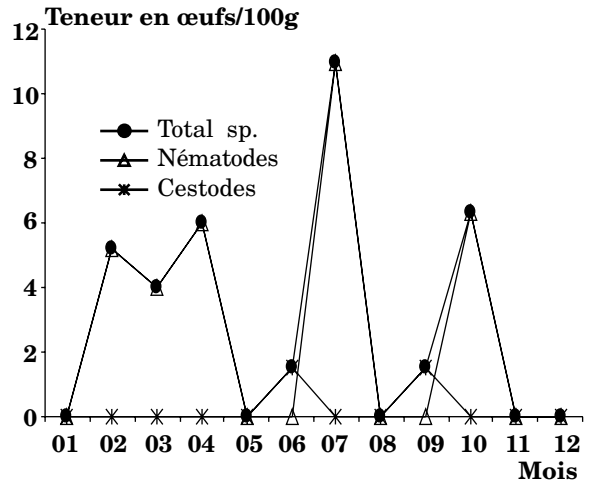


Figure 9. Évolution de la teneur en œufs d'helminthes des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées de l'Oued Bounaim (un cycle annuel)

100 g avec une teneur moyenne de 4,15 œufs/100 g pour les feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du Cs et de 0 à 11 œufs/100 g avec une teneur moyenne de 2,96 œufs/100 g pour les feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées de l'Oued Bounaim (Tableau 4). Leurs pourcentages d'échantillon positif respectifs sont de 50%, 42% et 58% (Tableau 4).

Les œufs d'helminthes rencontrés sur les feuilles des végétaux étudiés appartiennent aux classes des nématodes et des cestodes avec une prédominance des nématodes (Figures 7, 8 et 9). Les teneurs moyennes des nématodes au niveau des feuilles des cultures irriguées par les différents

Tableau 4. Étude comparative de la teneur moyenne (œuf/100g) et du pourcentage d'échantillon positif (%) en œufs d'helminthes au niveau des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées des différents collecteurs à différentes saisons (PF: période froide, PC : période chaude)

Feuilles	Espèces											
	Asc	Strg	Strgy	Tric	Ent	Ank	Total Ne.	Hym	Tae	Monz	Total Ce.	Total He.
Parcelle irriguée par Cp n=24												
Teneur moyenne	0,66	7,54	0,1	0,23	0,27	0,01	8,79	0,41	0	0	0,41	9,21
	±0,31	±2,62	±0,09	±0,12	±0,12	±0,01	±2,78	±0,25			±0,25	±2,81
% moy.	25	50	4	13	21	4	50	13	0	0	13	50
PF (%)	20	50	10	20	30	0	50	20	0	0	20	50
PC (%)	29	50	0	7	14	7	50	7	0	0	7	50
PF*	0,87	4,87	0,23	0,3	0,37	0	6,57	0,75	0	0	0,75	7,39
PC*	0,51	9,49	0	0,18	0,2	0,01	10,38	0,2	0	0	0,2	10,51
Parcelle irriguée par Cs n = 12												
Teneur moyenne	0,04	3±2,53	0	0	0	0	3,04	1,11	0	0	1,11	4,15
	±0,04						±2,53	±1,06			±1,06	±2,64
% moy.	8	25	0	0	0	0	33	8	0	0	8	42
PF (%)	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
PC (%)	14	29	0	0	0	0	43	14	0	0	14	57
PF*	0	0,4	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,4
PC*	0,07	4,89	0	0	0	0	4,93	1,9	0	0	1,9	6,83
Parcelle irriguée par O.B. n = 12												
Teneur moyenne	0,23	2,48	0	0	0	0	2,71	0,25	0	0	0,25	2,96
	±0,22	±0,89					±1,02	±0,16			±0,16	±0,98
% moy.	8	42	0	0	0	0	42	17	0	0	17	58
PF (%)	0	40	0	0	0	0	40	0	0	0	0	40
PC (%)	14	43	0	0	0	0	43	29	0	0	29	71
PF*	0	1,84	0	0	0	0	1,84	0	0	0	0	1,84
PC*	0,39	2,94	0	0	0	0	3,33	0,42	0	0	0,43	3,76

Asc : Ascaris, Strg : Strongle, Strgy : Strongyloides, Tri : Trichuris, Ent : Enterobius, Ank : Ankylostoma, Hym : Hymenolepis, Tae : Taenia, Monz : Moniezia; Cp : collecteur principal, Cs : Collecteur secondaire ; Total Ne. : Total nématodes Ce.: Cestodes He. Helminthes ; n : nombre d'échantillons ; *: œuf/ 100g

collecteurs sont de 8,79 œufs/100 g pour le Cp, de 3,04 œufs/100 g pour le Cs et de 2,71 œufs/100 g pour l'Oued Bounaim (Tableau 4). Pour les feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, les parasites identifiés durant la période d'étude sont représentés par *Ascaris* sp, *Strongyloides* sp, *Trichuris* sp, *Enterobius* sp, *Ankylostoma* sp, *Hymenolepis* sp et Strongles, alors que, pour les feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées du Cs et de l'Oued Bounaim, trois espèces seulement ont été identifiées : *Ascaris* sp, *Hymenolepis* sp et les strongles (Tableau 4).

La charge parasitaire en œufs d'helminthes sur les feuilles est supérieure en période chaude qu'en période froide (Tableau 4). Les teneurs moyennes au niveau des feuilles des cultures irriguées par les différents collecteurs durant la période chaude sont de l'ordre de 10,51 œufs/100 g pour le Cp, de 6,83 œufs/100 g pour le Cs et de 3,76 œufs/100 g pour l'Oued Bounaim (Tableau 4). Les teneurs moyennes durant la période froide sont de l'ordre de 7,39 œufs/100 g (Cp), de 0,4 œufs/100 g (Cs) et de 1,84 œufs/100 g (Oued Bounaim) (Tableau 4).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les charges en œufs d'helminthes parasites du sol, des racines et des feuilles des végétaux irrigués par les eaux usées sont fortement tributaires du niveau de contamination de l'eau d'irrigation. Plus la contamination est importante, plus la concentration en œufs de parasites des sols et des végétaux est très élevée.

En effet, les teneurs moyennes en œufs d'helminthes des eaux usées des différents collecteurs sont de 21,01 œufs/l pour le Cp, de 9,81 œufs/l pour le Cs et de 2,53 œufs/l pour l'Oued Bounaim. Les œufs d'helminthes parasites identifiés à partir des différents sols sont représentés par des nématodes et des cestodes avec une nette prédominance des nématodes.

La comparaison des concentrations en œufs d'helminthes au niveau du sol des racines avec celles des feuilles des végétaux irrigués avec les eaux usées montre que les feuilles et le sol

présentent les charges les plus basses par rapport aux racines. Ceci s'explique par le fait que :

* Au niveau du sol, plusieurs facteurs sont responsables de la réduction de la charge parasitaire à savoir le rayonnement solaire, la dessiccation, la prédation par les acariens, les insectes et les nématodes ainsi que le pH (Norman *et al.*, 1981 ; El Maroufy, 1992; Chalabi, 1993 ; Khallaayoune & Fethi, 1995 ; Firadi, 1996; Fethi, 1996 ; Naour, 1996 ; EL Hamouri, 1998). Au niveau du sol, le pH est compris entre 7,5 et 8,5 alors que d'après Fethi (1996) un pH supérieur à 11 a un effet destructeur sur les œufs d'helminthes.

* Les faibles teneurs en œufs d'helminthes de la partie supérieure du végétal sont dues au fait que les feuilles poussent suffisamment loin du sol pour qu'elles ne soient pas contaminées, d'une part, et d'autre part la partie supérieure du végétal est bien exposée aux effets du rayonnement solaire, de la dessiccation et du vent. De même, le lessivage par les eaux de pluie semble être un facteur important dans la réduction de la teneur en œufs d'helminthes au niveau de la partie supérieure du végétal. Ces résultats sont en accord avec ceux qui sont avancés par Bouhoum (1996) sur la persistance des œufs d'helminthes sur la luzerne, par Firadi (1996) sur la contamination des sols et des récoltes par les œufs d'helminthes et par El Hamouri (1998) sur la cinétique de la disparition des œufs d'helminthes sur la luzerne.

* La forte charge en œufs d'helminthes enregistrée dans la partie inférieure du végétal (racine) est due principalement au microclimat qui règne au niveau de la partie souterraine, ce qui met les œufs d'helminthes à l'abri des rayonnements solaires et de la dessiccation par des températures élevées. Par ailleurs, au niveau de la partie souterraine l'humidité du sol est suffisante pour maintenir la survie des œufs (Gaspard *et al.* 1997). Norman *et al.* (1981), Khallaayoune & Fethi (1995) et Fethi (1996) rapportent que les sols humides, les températures basses, le rayonnement solaire faible et une teneur élevée en matière organique augmentent la persistance des œufs d'helminthes. Ces conditions sont donc réunies au niveau de la partie inférieure du végétal. Plusieurs auteurs rapportent que les racines présentent la partie la plus contaminée en œufs d'helminthes, en raison de leur contact direct avec les eaux usées brutes au cours des cycles

d'irrigation (Rosas *et al.*, 1984 ; Shuval *et al.*, 1986 ; Firadi, 1996 ; Naour, 1996 ; Dssouli, 1997; El Hamouri, 1998).

L'analyse des variations saisonnières des teneurs en œufs d'helminthes au niveau du sol et des végétaux irrigués par les eaux usées a montré que la période chaude est caractérisée par des teneurs élevées par rapport à la période froide. Ceci pourrait être lié aux conditions optimales pour la maturation des œufs d'helminthes dans le milieu extérieur pendant la période chaude (OMS, 1989 ; Chalabi, 1993 ; Firadi, 1996) et à l'augmentation de la fréquence des cycles d'irrigation par les eaux usées en saison chaude, qui passe d'un à 4 par mois. Ce nombre élevé d'irrigations entraînerait un apport important en œufs d'helminthes au niveau des sols et des végétaux (Dssouli, 1997).

Les œufs d'*Ascaris* et des Strongles sont les nématodes les plus fréquemment identifiés dans les différents échantillons du sol et des végétaux irrigués par les eaux usées du Cp, du Cs et de l'Oued Bounaim avec un pourcentage d'échantillon positif de 100%. Ceci s'expliquerait par le fait que, d'une part, les œufs de strongles peuvent avoir une origine naturelle autre que parasitaire (aquatique ou tellurique) (El Maroufy, 1992) et, d'autre part, les œufs d'*Ascaris* doivent leur présence constante dans tous les prélèvements, au niveau du sol et des végétaux étudiés, à leur forte résistance aux conditions du milieu (climatiques et physico-chimiques) pendant de longues durées et grâce à la structure trilamellaire de leur coque (Norman *et al.*, 1981).

La faible présence des œufs de cestodes au niveau du sol et des végétaux irrigués par les eaux usées serait due à leur destruction rapide dans le milieu extérieur. En effet, ces œufs sont fragiles et plus vulnérables aux conditions défavorables du climat (Schwartzbrod *et al.*, 1987).

De ces faits, le traitement des eaux usées et la restriction des cultures demeurent une nécessité avant leur réutilisation en agriculture sans risque sanitaire pour l'Homme et le cheptel.

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

- Anaur A.K. & Ramachandran C.P. (1977) A study on the prevalence of soil transmitted helminths among lettuce leave sold in local markets in Penang Malaysia. *Med. J. of Malaysia* 31 (4) : 262-265
- 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. PhD Thesis. University of Leeds, UK.
- Ayers R.M., Stott R., Lee D., Mara D.D. & Silva S.A. (1992) Contamination of lettuces with nematodes eggs by spray irrigation with treated and untreated wastewater. *Wat. Sc. Tech.* 26 : 1615-1623
- Bouhoum K. (1996) Étude épidémiologique des helminthiases intestinales 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, Lagunage, sur-irrigation drainage, lits à roseaux. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
- Bouhoum K., Habbari K., Jana M. & Schwartzbrod J. (1994) Étude épidémiologique des helminthiases intestinales chez l'enfant de la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech. *Actes du colloque international sur la conception, naissance et petite enfance au Maghreb*. Marrakech
- Bryan F.L. (1977) Diseases transmitted by foods contaminated by wastewater. *J. of Food Protection* 40 (1) : 45-56
- 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, Oujda.
- Chalabi M. (1993) Performances d'élimination des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans le chenal algal à haut rendement. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
- Choi D.W. (1970) Incidence of parasite eggs attached to vegetables leaves, water drop words and carrots. *Kor. J. Parasitol.* 18 : 19
- 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. (1992) La réutilisation des eaux usées pour résorber le déficit en eau. *L'économiste*, mai (31) : 36-37
- El Hamouri B. (1998) Épuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. Rapport du projet MOR 86/018, PNUD-FAO-OMS
- El Maroufy M. (1992) Traitement des eaux usées dans le bassin de stabilisation d'Ouarzazate et leur réutilisation en agriculture. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences, Meknès
- Fethi F. (1996) Étude de la viabilité des œufs de *Parascaris equorum* dans les boues résiduelles et dans le sol. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences, EL Jadida
- Firadi R. (1996) Épuration et réutilisation des eaux usées de la ville de Ourzazate en agriculture : devenir des œufs d'helminthes et étude de leur viabilité dans les eaux usées et les boues. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
- Gaspard P., Ambolet Y. & Schwartzbrod J. (1997) Valorisation des boues de stations d'épuration en vue de l'amélioration des sols destinés à l'agriculture : contamination parasitaire et modélisation en vue de la gestion du risque sanitaire. *Bull. Acad. Natle Med.* 181 (1) : 43-57
- Habbari K. (1992) Impact de l'utilisation des eaux usées brutes sur l'épidémiologie des helminthiases et de la croissance chez l'enfant d'El Azzouzia. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences, Marrakech
- Khallaayoune K. & Fethi F. (1995) Viabilité des oeufs d'*Ascaris* dans les boues résiduelles. *Actes. Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 15 (4) : 15-19
- Kowal N.E. (1985) health effects of land application of municipal sludge. Rapport U.S. EPA (Cincinnati) 600/1-85-015 : 33-38.

- Kumada M. (1965) Some factors influencing the action of detergents in eliminating *Ascaris* eggs from vegetable leaves. *Jpn. J. Parasitol.* 14 : 495-499
- Naour N. (1996) Impact de la réutilisation des eaux usées en agriculture sur la contamination des cultures par les helminthes. Thèse 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences, Marrakech
- Norman E.K., Herber R.P & Elmer W.A. (1981) Microbiological health effect, associated with the use of municipal wastewater for irrigation. Ed Frank. Cincinnati. OHIO : 271-330
- OMS (1989) L'utilisation des eaux usées en agriculture: recommandations à visées sanitaires. Rap. Tech. n° 778. Genève
- Raisanen S., Ruuskanen L. & Nyman S. (1985) Epidemic Ascariasis evidence of transmission by imported vegetables. *Scandinavian Journal of Primary Health Care* 3 : 189-191
- Rosas I., Baez A. & Coutino M. (1984) Bacteriological quality of crops irrigated with wastewater. *App. Env. Microbiol.* 47 (5) : 1074-1079
- Saenz R. (1986) Irrigation avec les eaux usées épurées en étangs de stabilisation. Évaluation des aspects microbiologiques. *Bull. Qual. Eaux.* 12 : 90-95
- Schwartzbrod J., Mathieu C., Thevenot M.T., Baradel J. M. & Schwartzbrod L. (1987) Wastewater sludge : parasitological and virological contamination. *Wat. Sc. Tech.* 19 (8) : 33-40
- Shuval H.I., Adin A., Fattal B., Rawitz R. & Yekutieli P. (1986) Wastewater in developing countries : Health effects and technical solutions. *World Bank. Tech. Pap.* p. 326
- Shuval H.I., Yekutieli P. & Fattal B. (1984) Epidemiological evidence for helminth and cholera transmission by vegetables irrigated with wastewater : Jerusalem a case study. *Wat. Sc. Tech.* 17 : 443-442
- Srivastava V.K. & Pandey G.K. (1986) Parasitic infestation in sewage farm workers. *Ind. J. Parasitol.* 10. (2) : 193-194