

CONTRIBUTION A L'ETUDE D'IMPACT DE L'EPANDAGE D'EAUX USEES BRUTES SUR L'ENVIRONNEMENT DANS LA REGION DE ZEMAMRA (PROVINCE D'EL JADIDA, MAROC)

K. El Falaki et E.K. Lhadi*

Laboratoire de l'eau et de l'environnement, Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida (Maroc)

Les eaux usées de la ville de Zemamra (rejets domestiques, rejets de la sucrerie) véhiculent des quantités importantes de matière organique, azote, phosphore, micro-organismes pathogènes et des œufs de parasites. Ces eaux usées sont évacuées dans un canal à ciel ouvert vers le sud-ouest de la ville où elles sont épandues dans la daya Z3 (c'est un champ non cultivé d'une dizaine d'hectares).

Ce mode d'évacuation des eaux usées constitue une menace pour les ressources naturelles (sol, nappe phréatique...) et des risques sanitaires pour la population en contact avec ces eaux. Les analyses physico-chimiques du sol où s'effectue l'épandage ont montré que ce sol est riche en azote, en sels et renferme des œufs de parasites (CE du sol de la daya Z3 a dépassé 8 ms/cm en 1995). Les puits situés à proximité du milieu récepteur ont des CE > 4 ms/cm, des taux de nitrates, de chlorures, de sodium très élevés. En effet la plupart des puits situés à côté la daya Z3 ne répondent pas aux normes de potabilité.

L'épandage des eaux usées brutes sans aucun contrôle est une pratique facile pour la municipalité (organisme qui gère les eaux usées de la ville) mais l'impact est négatif sur l'environnement (homme, sol, nappe phréatique)

The wastewater of Zemamra (domestic rejects, sugar refinery's, the slaughterhouse) transport important quantities in organic matter, nitrogen, phosphorus, pathogens micro-organisms and parasites eggs. This wastewater are evacuated in a canal to open sky to the Southwest of the city where they are spread in the receiver middle (daya Z3). These mode of wastewater evacuation constitute a threat for natural resources and sanitary risks for the population in contact with these waters. Physic-chemical analyses of the soil where undertakes the spreading have shown that the ground is rich in nitrogen, in salts and contains the parasites eggs. The electric conductivity of the soil the daya Z3 has exceeded 8 ms/cm in 1995. Well situated near these receiver milieus have them CE > 4 ms/cm, rate of nitrates, chlorides, very raised sodium. Indeed most of well situated beside the daya Z3 do not reply to potability norms.

INTRODUCTION

Le rejet annuel d'eau usée au Maroc, a été estimé à 370 millions de m³ en 1990 et devrait atteindre 700 millions de m³ en l'an 2020 (Conseil supérieur de l'eau et du climat) dont une grande partie est rejetée directement dans le littoral (environ 66 %). Ceci représente un gâchis car si la totalité des eaux usées était épurée puis réutilisée en irrigation, elle suffirait à irriguer un périmètre de 50 000 hectares environ ; ce qui est loin d'être négligeable à la lumière des années sèches que connaît le Maroc.

Le rejet des eaux usées urbaines en mer constitue à la fois une perte d'un grand potentiel hydrique et une menace, à moyen et à long terme, pour les ressources halieutiques et les activités touristiques.

A l'intérieur du pays, ces eaux usées sont soit :

- rejetées dans des cours d'eau et des rivières, ce qui peut engendrer une dégradation de leur qualité qui risque d'altérer les eaux de barrage en aval, utilisées généralement pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation. Ceci se traduit par des coûts de traitement parfois prohibitifs.

- réutilisées en irrigation. En effet, un volume de l'ordre de 60 Mm³/an d'eau usée urbaine est actuellement réutilisé à l'état brut pour l'irrigation de près de plus de 7 000 ha, ce qui expose la population en contact avec ces eaux et consommatrice des productions agricoles issues de ces zones à de grands risques de maladies.

- épandues directement sur le sol à l'état brut. Ces eaux sont par la suite perdues par évaporation ou par infiltration dans le sol. Cette pratique est similaire à la réutilisation des eaux usées en irrigation mais l'impact sur l'environnement est plus important.

Ces différents modes d'évacuation sans traitement préalable constituent des nuisances potentielles qui ne cessent d'augmenter pour les milieux récepteurs.

Actuellement les exutoires des eaux usées brutes, dans la province d'El Jadida, sont la mer (El Jadida, Azemmour, Moulay Abdellah), l'irrigation (Sidi Bennour) et l'épandage en plein champ (Zemamra, Had Ouled Frej, Tnine Gharbia, Bir Jdid, ...).

L'épandage non contrôlé des eaux usées brutes peut entraîner

ner l'accumulation successive de matières organiques et minérales, modifiant ainsi la qualité physique du sol, entraînant son imperméabilisation et dégageant des odeurs désagréables des eaux stagnantes. Ces zones représentent des risques sanitaires pour les habitants avoisinants.

Cette situation ne peut que favoriser la transmission de nombreuses maladies par contact direct avec ces eaux ou par consommation de produits agricoles. Parmi ces maladies on peut citer : choléra, typhoïde, hépatite infectieuse, diarrhées, sans parler des maladies parasitaires ou celles provoquées par les nitrates, les métaux lourds et les pesticides qui polluent, hélas, trop souvent le sol et l'eau.

Les objectifs de cette étude sont l'évaluation des risques potentiels encourus pour l'environnement (homme, sol, eaux souterraines).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Présentation du site d'étude

La région de Zemamra fait partie de la plaine des Doukkala et se trouve à 150 m d'altitude. Elle est située à 75 kilomètres au sud de la ville d'El Jadida. C'est une région à vocation agricole. Elle appartient à l'étage semi-aride. La moyenne annuelle des précipitations est de 326 mm. La population urbaine est estimée à 10 000 habitants.

La commune est entièrement équipée d'un réseau d'assainissement de type unitaire. En 1990, la ville de Zemamra a amélioré son système d'assainissement en installant une station de dépollution (lagunage naturel). La mauvaise gestion de ce système, l'expansion démographique et le développement économique qu'a connu la région ont rendu le système sous dimensionné, inefficace et finalement abandonné. De ce fait, les rejets sont évacués dans un canal à ciel ouvert (de 4 km de longueur) vers le sud ouest de la ville où ils sont épandus dans un champ d'une dizaine d'hectares appelé la daya Z3.

Paramètres étudiés et méthodes d'analyses

Les analyses de l'eau usée ont porté principalement sur la détermination du pH, de la température, de la conductivité (CE), de la demande chimique en oxygène (DCO), de la demande biologique en oxygène (DBO5), de l'azote total (NTK), du phosphore total (Pt), de la concentration des matières en suspension (MES). À chaque prélèvement, la température, la CE et le pH sont mesurés sur le terrain.

Toutes les analyses sont effectuées selon les normes Afnor en vigueur.

Afin d'évaluer l'impact de l'épandage des eaux usées sur la daya Z3, des campagnes de prélèvement du sol en 1995, 1996 et 1999 ont été effectuées à différents horizons (0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm) et à différents points de la daya (à raison de 3 points suivant le diamètre de la daya : un au milieu et 2 prélèvements aux 2 bords). Les prélèvements ont été effectués par carottage.

Le sol prélevé est préparé conformément à la norme Afnor NF X31-901. Il est séché à 110°C et broyé ; la fraction infé-

rieure à 2 mm obtenue par tamisage, sert pour les analyses. Les paramètres suivants ont été déterminés selon les normes Afnor : pH, azote ammoniacal (NH_4^+), nitrates (NO_3^-), azote total Kjeldahl (NTK), chlorures (Cl^-), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), phosphore assimilable (P_2O_5), métaux lourds du sol. La conductivité électrique est déterminée sur l'extrait de la pâte saturée par un conductimètre HI 8633. Le sodium (Na^+) et le potassium (K^+) sont dosés par un spectrophotomètre à flamme de type FP 90. La méthode utilisée pour déterminer la granulométrie est celle de la pipette Robinson.

Toutes les analyses de l'eau sont effectuées selon les normes Afnor en vigueur.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Qualité physico-chimique des eaux usées de Zemamra

Les eaux usées brutes de la ville de Zemamra sont drainées dans un canal à ciel ouvert de 4 km directement vers la daya Z3. L'écoulement des eaux usées dans des canaux en terre non couverts et leur passage au voisinage des écoles et des douars (ensemble d'habitation), rend l'accès, difficile et désagréable (mauvaises odeurs, moustiques...) aux riverains, ce qui augmente le risque de transmission des maladies parasitaires et infectieuses. Les animaux pâturent le long du canal et s'infestent à leur tour par ces parasites et micro-organismes pathogènes et sont par conséquent, une source indirecte de contamination de l'homme. En effet, plusieurs zoonoses parasitaires peuvent être transmises dans ces circonstances.

La daya peut accumuler de nombreuses espèces de parasites et favoriser leur survie plusieurs mois (Ziad, 1998). Le long de la daya, les enfants s'adonnent à diverses activités récréatives (jeux, baignades,...); ce qui les expose directement aux infestations par les micro-organismes pathogènes ; d'ailleurs plusieurs cas de choléra ont été déclarés dans cette zone. Le tableau 1 donne les caractéristiques physico-chimiques moyennes du rejet de la ville de Zemamra et à l'entrée du milieu récepteur (daya Z3) pendant la période de l'étude (de juillet 1995 à juin 1999).

On remarque que le rejet de la ville de Zemamra possède des caractéristiques d'une eau usée domestique. En effet les teneurs des différents paramètres analysés restent dans la gamme de celles apportés par Daerley et col (1995) pour des eaux usées de centres urbains marocains. Cependant, la plupart de ces paramètres subissent une augmentation importante de la mi-mai au mois de juillet (campagne sucrière) le réseau d'assainissement de la ville de Zemamra reçoit une partie des rejets de la sucrerie. Ceci augmente énormément la charge épandue au niveau de la daya Z3.

L'effluent épandu apporte une pollution organique, azotée et phosphorée non négligeable au niveau de la daya Z3. L'importance de cette pollution attire l'attention sur l'impact qu'elle peut engendrer sur le milieu récepteur. La structu-

Tableau 1 : Qualité physico-chimique moyenne des eaux usées de Zemamra durant la période d'étude

Paramètres	Qualité du rejet de la ville	Eaux épandues au niveau de la daya
pH	7,3	2,7
C.E (ms/cm)	2,7	-
Débit (m ³ /j)	1319	1319
MES (mg/l)	312	180
DCO (mg/l)	611	404
DBO5 (mg/l)	250	169
NTK (mg/l)	74	45
Pt (mg/l)	13	9,3
Cl ⁻ (mg/l)	465	460
Na ⁺ (mg/l)	322	298
K ⁺ (mg/l)	78	88
Ca ²⁺ (mg/l)	388	114
Mg ²⁺ (mg/l)	169	76
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	208	200
Cd (mg/l)	0,07	-
Cu (mg/l)	0,12	-
Fe (mg/l)	2,8	-
Pb (mg/l)	0,09	-
Ni (mg/l)	0,08	-
Zn (mg/l)	0,32	-

re du sol peut être détruite par l'apport excessif en sel (Outahib, 1987 et H.Guessir, 1995). On note que les concentrations en métaux lourds restent dans les limites des valeurs recommandées pour un épandage (National Academy of Sciences, 1974) ; cependant il ne faut pas oublier que ces métaux peuvent s'accumuler au niveau du sol et poseront à long terme des problèmes de toxicité pour l'environnement. Les eaux stagnent au niveau de la daya Z3 et sont perdues par infiltration et évaporation. La pollution se trouve en partie, concentrée dans le sol, ce qui engendre des nuisances potentielles pour la qualité de la nappe phréatique. Les suivis microbiologiques et parasitologiques des rejets de Zemamra ont montré que les charges bactériennes fécales et en œufs d'helminthes sont élevées et présentent des niveaux de qualité biologique qui n'autorisent aucune réutilisation ou rejet dans le milieu récepteur. Une réutilisation

non restrictive nécessiterait des effluents renfermant moins d'un œuf d'helminthe par litre et moins de 1000 CF par 100 ml d'eau ce qui est loin d'être le cas des rejets de Zemamra et Sidi Bennour (tableau 1).

Ces effluents apportent une charge polluante importante au milieu récepteur ; cela constitue à la fois la perte d'un grand potentiel hydrique, une menace pour les ressources naturelles (sol, nappe phréatique...) et des risques sanitaires pour la population en contact avec ces eaux et consommant des produits souillés suite à l'irrigation par ces eaux.

Qualité physico-chimique du sol de la daya Z3

Les eaux usées épandues dans le sol de la daya Z3 véhiculent des quantités importantes en sels et en matière organique (tableau 1) et constituent un risque de pollution de la nappe phréatique. En comparant la qualité physico-chimique du sol prélevé en novembre 1995 considéré comme initiale (la daya ne recevait à cette époque, marquée par la sécheresse, que les eaux usées de la ville de Zemamra) à celle de celui prélevé en 1996 et 1999, on note une amélioration de la qualité physico-chimique. On remarque que le taux de la salinité du sol de la daya Z3 s'est rabattu de manière significative après les pluies abondantes, tombées entre décembre 1995 et février 1996 (tableau 2). On note la même évolution pour les ions métalliques. La qualité physico-chimique du sol de la daya Z3 s'est approchée de celle du sol témoin (El Falaki et col., 2001)

En effet, une étude effectuée par Guessir et col (1997) a montré une augmentation considérable de la conductivité électrique au niveau des puits qui se trouvent à proximité de la daya Z3 après les pluies exceptionnelles de décembre 1995 à février 1996. Il y a eu lessivage des sels accumulés dans le sol durant toute la période de sécheresse.

En ce qui concerne les éléments azotés, on note une diminution du NTK au cours des prélèvements de 1996 par rapport à ceux de 1995. Ceci peut s'expliquer par une minéralisation de l'azote organique suivie d'une nitrification et d'un lessivage des nitrates vers la nappe phréatique favorisé par les pluies abondantes (Guessir, 1995).

Si le lessivage des sels et des nitrates est bénéfique pour le sol, l'impact est négatif sur la qualité des eaux souterraines.

Tableau 2 : Évolution de la qualité physico-chimique du sol de la daya Z3 au cours des prélèvements effectués en 1995, 1996 et 1999.

	0 – 20 cm			20 – 40 cm			40 – 60 cm		
	1995	1996	1999	1995	1996	1999	1995	1996	1999
CE (ms/cm)	7,7	1,25	1,2	3,6	1,4	1,5	8,69	2,3	2,6
NH ₄ ⁺ (mg/100 g)	0	11	10	0	9	9,6	0	5	6
NO ₃ ⁻ (mg/100 g)	0,05	5	0,01	0,06	3	0,02	0,06	5	0,02
NTK (mg/100 g)	450	290	310	525	420	460	190	105	220
P ₂ O ₅ (mg/1000 g)	137	95	90	133	82	81	140	81	82
Cu (mg/100 g)	0,7	0,3	0,7	1,9	0,4	0,4	-	2,2	1
Zn (mg/100 g)	19	17,8	15	22	6,9	10	31	11,3	14
Fe (mg/100 g)	1440	831	630	500	498	500	2940	504	500
Pb (mg/100 g)	3,6	2,6	0,9	3,73	3,3	1,3	3	2,9	1,6
Ni (mg/100 g)	2,8	2,7	2	2,52	1,6	2	3,2	1,8	1,8

En effet, cette charge polluante atteint inévitablement la nappe et engendre la détérioration de sa qualité physico-chimique ce qui peut éventuellement provoquer la propagation des maladies hydriques ce qui présente un danger potentiel pour la santé des populations. Cette situation est d'autant plus préoccupante que les eaux souterraines constituent souvent les seules ressources disponibles en eau potable, en particulier pour les populations rurales.

Qualité physico-chimique des eaux souterraines dans le casier de Zemamra

Un suivi des eaux souterraines a été effectué du mois de juillet 1995 au mois de mai 1996 à raison d'un prélèvement par mois. Toutes les campagnes de mesure de qualité des eaux de la nappe en aval du champ d'épandage a montré une augmentation de la salinité dans le sens d'écoulement après les pluies de l'hiver 1995/96 (Guessir et col., 1997).

Le suivi de la conductivité électrique des eaux souterraines au niveau du casier de Zemamra (tableau 3) a montré que la salure moyenne des eaux a augmenté d'une façon significative après les pluies survenues entre décembre 1995 et mars 1996. Ceci est plus marqué pour les puits qui se trouvent dans la zones de collecte des eaux usées (Z3, Z4, Z5 et Z6) ou elle varie entre 5 et 8.8 ms/cm.

Tous les autres paramètres évoluent dans le même sens que la conductivité électrique.

Les caractéristiques physico-chimiques moyennes de l'eau souterraine de la région sont données dans le tableau 4.

On note que certains paramètres physiques de l'eau sont relativement constants d'un prélèvement à l'autre pour le même point. Cependant la composition chimique de l'eau est très variable dans le temps et dans l'espace (Guessir et col., 1996).

- Le pH

Le pH des puits suivis est généralement compris entre 7 et

8.3 sans subir de variations significatives. Nous pouvons remarquer que les eaux souterraines sont légèrement basiques au niveau du casier de Zemamra.

- La conductivité électrique (CE)

La connaissance de la CE d'une eau permet d'avoir un ordre de grandeur de sa minéralisation.

Dans la zone étudiée, la salinité est élevée et supérieure à 7 ms/cm dans certains points (Z3, Z4, Z5 et Z6) . Quant à la variation temporelle de la salinité, on note une augmentation de la CE au début de la période pluviale, à la suite du lessivage des sels accumulés dans le sol durant toute l'année suivi par une diminution de la CE accompagnée d'une diminution de tous les sels en général. Cette période correspond à la période des hautes eaux où nous avons le maximum de dilution des eaux de la nappe. Ceci a été particulièrement remarqué au cours de la période pluvieuse de 1996 (tableau 3), où la CE dans le casier de Zemamra a dépassé 5 ms/cm surtout dans les puits situés à l'aval de la daya Z3 (Z3, Z4, Z5 et Z6) sachant que le sens de l'écoulement de la nappe s'effectue de la daya vers ces points. Toutes les campagnes de mesure de la qualité des eaux souterraines en aval du champ d'épandage de Zemamra a montré une augmentation de la salinité dans le sens d'écoulement.

- Les chlorures

Les chlorures représentent environ 50 % de la minéralisation. Dans la zone étudiée, on note de très fortes teneurs en chlorures au nord de Zemamra, notamment à côté de la daya (tableau 4).

Les teneurs en chlorures peuvent être expliquées par :

- Lessivage superficiel lors des infiltrations des eaux d'irrigation ;
- Évaporation due aux longues durées de sécheresse qui se sont succédées ces dernières années, dans la région, favorisée par la profondeur de la nappe et le type de climat de

Tableau 3 : Qualité physico-chimique des eaux souterraines dans le casier de Zemamra (Guessir et col., 1996)

Puits	CE (ms/cm)		Cl ⁻ (mg/l)		Na ⁺ (mg/l)		NO ₃ ⁻ (mg/l)	
	Juillet 95	Décembre 96	Juillet 95	Décembre 96	Juillet 95	Décembre 96	Juillet 95	Décembre 96
Z1	1,34	2,2	114,9	650	137	28	10,22	91,4
Z2	1,38	1,90	119,9	780	251	220	6,5	7,35
Z3	1,38	8,82	134,9	2720	206	803	3,9	22,92
Z4	2,89	5,44	899,8	1820	686,9	920	14,1	84,92
Z5	1,69	5,68	849,9	1820	847,3	640	13,6	58,68
Z6	3,62	5,08	749,8	1450	160,3	945	91,7	25,07

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques moyennes de puits situés à proximité de la daya Z3 (moyenne d'un suivi effectué de juillet 1995 à mai 1996)

Puits	C.E (ms/cm)	pH	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Z1	1,3	8	464	16	104	175
Z2	1,6	7,7	710	6,1	202	207
Z3	7,1	7,1	2 235	18	1 166	525
Z4	5,6	7,1	1 773	75	1 300	382
Z5	5,2	7,1	1730	50	809	537
Z5	1,6	7,3	538	77	269	205

la région ;

- Épandage des eaux usées très chargées en sels surtout durant les périodes de la campagne sucrière.

L'évolution temporelle des chlorures montre la même tendance que celle de la CE.

Les normes édictées par L'OMS (1986) pour la consommation humaine sont de 250 mg/l avec une teneur supérieure admissible de 600 mg/l. Dans la région étudiée, à part les puits Z1 et Z6 les autres puits inventoriés dépassent ces normes.

- Le sodium

Le suivi du taux de sodium a montré une évolution similaire à celle des chlorures et de la CE. Les valeurs varient entre 104 et 1300 mg/l.

L'enrichissement considérable des eaux de la nappe en sodium, peut être lié aux apports par les eaux usées et aux réactions d'échanges cationiques entre le sodium des argiles et le calcium et le magnésium, lors de l'infiltration des eaux dans le sol.

La norme de potabilité fixée pour le sodium est de 150 mg/l. Les puits Z3, Z4 et Z5 dépassent les normes.

Une teneur élevée en sodium peut engendrer quelques dangers sanitaires, notamment une hypertension (Unesco, 1987).

- Les sulfates

Dans la région étudiée, les eaux de la nappe présentent des concentrations en sulfates comprises entre 175 et 537 mg/l. La répartition est hétérogène mais on note des zones de fortes concentrations en SO_4^{2-} , dans Z2, Z3, Z4, Z5 et Z6. L'origine des sulfates peut être aussi attribuée à l'infiltration des eaux usées, notamment les eaux usées de la sucrerie très chargées en sulfates épandues dans une grande superficie.

- Les nitrates

Les nitrates sont considérés comme des indicateurs de pollution.

Le casier de Zemamra est caractérisé par des faibles teneurs en nitrates, variant entre 6 et 77 mg/l, les fortes concentrations sont situées à proximité de la daya Z3.

Les normes de L'OMS (1986) admettent qu'une eau potable ne doit pas contenir plus de 50 mg/l de nitrates, une eau ayant une concentration comprise entre 50 et 100 mg/l reste tolérable. Seulement quelques puits et pendant quelques périodes (surtout durant les premières pluies) ont des teneurs supérieures à 100 mg/l et sont donc impropres à la consommation (Guessir et col., 1996).

CONCLUSION

L'épandage des eaux usées de la ville de Zemamra sans aucun contrôle crée d'importantes nuisances pour le milieu récepteur (mauvaises odeurs, prolifération des moustiques, risques sanitaires pour la population en contact avec ces eaux usées...), entraînant des plaintes des riverains.

Les analyses physico-chimiques du sol irrigué par les eaux usées et du sol où se pratique l'épandage ont montré que le sol est riche en azote et en sels. La présence de ces agents polluants constitue un risque de colmatage et la salinisation

du sol, la minéralisation de la nappe phréatique et sa contamination par les nitrates ou d'autres micro-polluants contenus dans les eaux usées. Ceci a été démontré par le suivi des puits situés à proximité des milieux récepteurs dont la plupart ne répondent plus aux normes de potabilité.

Les odeurs, les moustiques et les plaintes des riverains, l'évolution de la qualité physico-chimique du sol et la contamination des puits se trouvant en aval du champ de l'épandage des eaux usées et des terrains irrigués sont autant d'arguments pour confirmer l'impact d'une mauvaise gestion des eaux usées sur l'environnement.

Il est certain que les eaux usées constituent une ressource importante, mais leur valorisation doit être réalisée dans un cadre bien structuré en tenant compte des effets sur l'environnement (sol, nappe et homme).

*K. El Falaki et E.K. Lhadi

Laboratoire de l'eau et de l'environnement, Faculté des sciences Université Chouaib Doukkali. B.P 20. El Jadida - Maroc.

Bibliographie

- Darley J., et Kaouni., (1995) : *Épuration des eaux usées au Maroc, Synthèse des études expérimentales*. Ministère de l'intérieure. Direction générale des collectivités locales. Direction de l'eau et de l'assainissement.

- El Falaki K. et Lhadi E.K., (2001) : *Étude de la qualité physico-chimique du sol d'un champs d'épandage d'eaux usées (Zemamra, Maroc)*. Déchets – Sciences et Techniques – N° 22.

- Guessir H., (1995) : *Étude de l'impact de l'irrigation par les eaux usées sur la qualité physico-chimique du sol et de la nappe dans la région de Sidi Bennour (MAROC)*. Thèse de 3^{ème} cycle fac des sciences El Jadida (Maroc).

- Guessir H., Lhadi EK. et Soudi B., (1996) : *Étude d'impact de l'irrigation par les eaux usées sur l'environnement du périmètre bas service des Doukkala. « Sol et eaux souterraines »* Premier rapport annuel, 1995/96. El Jadida, Maroc.

- Lhadi EK., El Falaki K. et El Krati M., (1996) : *Étude d'impact de l'irrigation par les eaux usées sur l'environnement du périmètre bas service des Doukkala. « Rejets de Sidi Bennour et Zemamra »* Premier rapport annuel, 1995/96. El Jadida, Maroc.

- Ministère de l'environnement, (1985) : *L'épandage des eaux usées traitées et des boues d'épuration d'origine urbaine*. Direction générale des programmes de l'environnement ; guide SPE 6-EP-48-1.

- National academy of sciences ATIO, (1974) : *Drinking water and health*. Volume 3, National Academy of press, Washington, D.C., 415.

-OMS, (1986) : *Critères d'hygiène et documentation à l'appui*. Vol. 2. OMS Genève, (1986), 346 pp.

- Outabih, T., (1987) : *Réutilisation des eaux usées à des fins agricoles*. ORMVA de Ouarzazate. Extrait du colloque international, eaux usées et milieux récepteur.

- UNESCO., (1987) : *Groundwater problems in coastal areas*. 582 pp.

- Ziad H., (1998) : *Étude de la contamination des eaux usées, des cultures et du sol par les œufs d'helminthes*. Thèse de 3^{ème} cycle, université Chouaib Doukkali, faculté des sciences, El Jadida.