

Suivi et analyse du risque lié à l'utilisation des eaux usées en agriculture dans la région de Meknes au Maroc

Follow-up and Analysis of the Risks related to the Use of Waste Water in Agriculture, in the area of Meknes- Morocco.

El Addouli Jamal

Laboratoire de Biochimie et Environnement, Faculté Des Sciences, Université Moulay Ismail, BP : 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.
Correspondance : eladdoulijamal@yahoo.fr

Chahlaoui Abdelkader

Laboratoire de Biochimie et Environnement, Faculté Des Sciences, Université Moulay Ismail, BP : 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.

Chafi Abdelhafid

Laboratoire Hydrobiologie et Ecologie Générale, Faculté Des Sciences, Université Mohammed1er, BP : 717 60000 Oujda, Maroc.

Berrahou Ali

Laboratoire Hydrobiologie et Ecologie Générale, Faculté Des Sciences, Université Mohammed1er, BP : 717 60000 Oujda, Maroc.

RESUME

Dans plusieurs régions du Maroc, l'agriculture dépend de l'approvisionnement en eau qui provient souvent des cours d'eau. Dans la région de Meknès, la réutilisation des eaux usées urbaines est une pratique réelle. Elle se fait cependant à partir d'eaux usées rejetées, sans traitement, dans les oueds traversant la ville : oued Boufekrane, oued Bouishak et oued Ouislane.

Ainsi, le recours à ces eaux polluées soulève de nombreux problèmes sanitaires et environnementaux. En effet, malgré le fait que ces eaux constituent un potentiel en matières fertilisantes (matières azotées et phosphatées), leurs teneurs en métaux lourds et en certains agents pathogènes, représentent néanmoins des risques de contaminations des sols, des nappes, des végétaux et des risques sanitaires pour l'homme et les animaux.

Le présent travail a pour objectif l'étude de la qualité physicochimique, microbiologique et parasitologique des eaux usées brutes et des eaux mixtes (eaux usées brutes mélangées avec les eaux des oueds Ouislane et Bouishak). Les études microbiologiques et parasitologiques que nous avons réalisées au niveau du site d'étude où les maraîchers utilisent exclusivement des eaux usées brutes ou mélangées avec les eaux des oueds ont montré une forte pollution microbiologique des deux cours d'eau, due principalement aux rejets des eaux usées domestiques et industrielles. L'analyse a révélé de fortes concentrations en coliformes totaux, coliformes fécaux, clostridium sulfitoréducteurs et en œufs d'helminthes, des valeurs qui dépassent les normes microbiologiques de l'OMS, édictées sur l'usage des eaux usées en agriculture.

Sur le plan physico-chimique, le dosage de certains paramètres physico-chimiques (matières en suspension, nitrates, chlorures, ortho phosphates,...) démontre des fortes teneurs en matières en suspension le long des stations d'échantillonnage des bassins des deux oueds. Le rejet des eaux usées brutes dans ces oueds ne fait qu'empirer la situation, on note des valeurs de l'ordre de 2800 mg/l à l'aval de l'oued Ouislane. Comparées avec la grille de la qualité des eaux de surface (CNS,1994), ces eaux correspondent à des eaux de surface de mauvaise à très mauvaise qualité (à 2000 mg/l). Des concentrations assez élevées en azote sont relevées à l'amont des 2 oueds. Cette contamination serait en relation avec l'utilisation des engrais (pour l'activité agricole) et l'activité industrielle. Pour les teneurs en ortho phosphates, les valeurs sont plus importantes à l'aval de l'oued Ouislane.

Concernant les valeurs moyennes en chlorures, elles sont approximativement les mêmes au niveau de Ouislane, variant de 319,5 mg/l à 386 mg/l. Par contre, elles sont importantes en comparaison avec l'aval quand il s'agit de l'oued Bouishak., avoisinant 421,5mg/l.

Employer l'eau recyclée réduit également les pressions sur l'environnement mais, il y a des facteurs qui doivent être considérés, y compris la présence de microbes pathogènes et de contaminants chimiques, la salinité ainsi que les impacts sur la structure de sol. Dans ce cas, l'épuration des eaux est indispensable pour limiter les impacts potentiels d'une telle activité sur l'environnement et la santé des producteurs.

Mots clés : Eau usée, Agriculture, Pollution, Risque sanitaire.

ABSTRACT

In several areas of Morocco, agriculture relies on the supply of water which often comes from the rivers. In the area of Meknes, the re-use of urban waste water is a real practice. It is however made by despite the fact that rejecting the used water without treatment in the Oueds (small watercourses in Arabic) that cross the city: Oued Boufekrane, Oued Bouishak, and Oued Ouislane.

Therefore, the recourse to this polluted water raises many environmental and sanitary issues. Indeed, although this water constitutes a fertilizing potential (nitrogenized and phosphated elements), their contents of heavy metals and certain pathogenic agents represent nevertheless contamination risks of the grounds, groundwater, plants and sanitary risks for both the human beings and the animals.

This work aims at the study of physico-chemical, microbiological and parasitologic quality of rough waste water and mixed water (rough waste water mixed with waste water of the Oueds Ouislane and Bouishak). The microbiological and parasitologic studies that we carried out on the level of the site of study where market-gardeners exclusively use rough waste water or mixed with water of the Oueds showed a strong microbiological pollution of the two rivers, resulting mainly from the discharges of domestic and industrial waste water. The analysis revealed strong concentrations in total coliforms, fecal coliforms, clostridium sulfito-reducers and eggs of helminths, showing values that exceed the microbiological standards of the W.H.O. (World Health Organisation), enacted on the use of the waste water in agriculture.

On the physicochemical level, the proportioning of certain physico-chemical parameters (suspended solids, nitrates, chlorides, phosphates ortho...) shows strong contents of suspended matter along the sampling stations of the basins of the two Oueds. The discharge of rough worn water in these Oueds does nothing but worsen the situation. We record values of about 2800 mg/l downstream of the Ouislane oued.

Compared to the quality grid of surface waters (CNS, 1994), these waters match waters of bad to very bad quality ($\geq$ à 2000 mg/l). Quite high concentrations of nitrogen are raised upstream of the two Oueds. This contamination might be related to the use of manures for both agricultural and industrial activities. As for the contents of orthophosphates, the values are more important downstream of the Ouislane Oued.

Concerning the average values of chloride, they are roughly the same for the Ouislane Oued, ranging from 319.5 mg/l to 386 mg/l. However, they are important in comparison with downstream of the Bouishak Oued, getting closer to 421.5 mg/l.

Utilizing the recycled water also reduced the pressures on the environment but there are factors which must be considered such as the presence of pathogenic microbes and the chemical contaminants, salinity as well as the impacts on the structure of the ground. In this case, the purification of water is essential to limit the potential impacts of such an activity on the environment and the health of the producer.

Key words: Waste water, Agriculture, Pollution, Sanitary risks.

INTRODUCTION

L'utilisation des eaux usées en agriculture est une pratique vieille de plusieurs siècles. Conséquence d'une urbanisation rapide et de l'augmentation des volumes rejetés, l'utilisation des eaux usées à grande échelle en irrigation, s'est présentée comme une alternative pour contourner la problématique de l'eau. Plusieurs technologies existantes de traitement des eaux résiduaires sont chères pour les pays en voie de développement et la réalité est que pas moins des deux tiers de l'eau usée produite dans le monde ne reçoit aucun traitement (Mario et Boland, 1999). Dans une étude au Pakistan, les fermiers ont mentionné la fiabilité de l'offre d'eau usée, sa valeur en engrais et la proximité des champs irrigués par ces eaux aux marchés urbains locaux, comme étant les raisons principales pour l'usage d'eau usée

en agriculture (Ensink et autres, 2004 a). Dans des régions humides, telles que le Népal et le Vietnam, l'agriculture par les eaux usées est en grande partie le résultat de la pollution non planifiée des sources d'irrigation (Raschid-Sally et Autres., 2004 a) ;

L'utilisation étendue à des fins agricoles a été également documentée dans des régions notamment au Koweït, en Jordanie, en Tunisie et au Maroc (Al Rehailli, 1997, Shetty, 2004 et la base de données d'Aquastat, 1997).

Une étude mondiale sur la pratique cachée de l'irrigation par les eaux usées révèle que les eaux des égouts, souvent non traitées, sont utilisées pour la production de 10% des récoltes dans le monde, surtout dans les zones urbaines (Scott, Faruqi and Raschid, 2004). Quoique proscrite dans plusieurs pays, cette pratique constitue un moyen de subsistance et génère des revenus considérables en agriculture urbaine et périurbaine, malgré les risques sanitaires et environnementaux liés à l'usage des eaux usées en irrigation.

Quelques facteurs de risques sont à court terme par exemple les microbes pathogènes, alors que d'autres ont des impacts à plus long terme qui augmentent avec l'utilisation continue de l'eau recyclée c'est le cas notamment des effets salins sur le sol et des métaux lourds. Les types de microbes pathogènes entériques qui peuvent être trouvés dans l'eau incluent des virus, des bactéries, des parasites (Mara et Caincross, 1992 ; Cissé, 1997). La présence des microbes pathogènes dans l'eau d'égout réutilisée, est indiscutablement le souci principal pour des responsables de santé, des fermiers et du grand public.

Une des sources principales des infections d'helminthes autour du monde est l'utilisation de l'effluent brut ou partiellement traité d'eaux d'égout pour l'irrigation des récoltes vivrières (WHO, 1989). D'autres études ont montré un plus grand risque de fièvre typhoïde et de choléra en raison de l'exposition ou de la consommation des légumes irrigués ; cependant, il a été bien établi que

le risque sanitaire principal de l'irrigation par l'eau usée soit l'infection avec les helminthes intestinaux (Blumenthal et autres, 2000 ; Shuval et autres, 1986 et WHO, 1989).

Les Parasites d'helminthes, généralement détectés dans ces eaux et qui ont un risque sanitaire significatif, incluent le ver rond (*Ascaris lumbricoides*), le ver de crochet (*Ancylostoma duodenale* ou *Necator americanus*) et le ver de fouet (*Trichuris Trichiura*). Ces helminthes ont un cycle de vie simple et sont capables de causer l'infection par l'intermédiaire de l'eau usée (Toze, 1997).

Au Mexique, des fermiers et leurs enfants qui travaillent dans les domaines irrigués avec l'effluent non traité d'eaux d'égout se sont avérés avoir une plus grande prédominance de l'infection ronde de ver que la population générale (Peasey et al, 2000). Les auteurs ont constaté que les taux d'infection, en particulier pour des adultes, ont diminué avec le traitement de l'effluent d'eaux d'égout. Cette diminution pourrait être liée au niveau du traitement. (Peasey et al 2000.).

Au Maroc, la réutilisation des eaux usées brutes est une pratique courante et très ancienne. Leur réutilisation en agriculture est, dans les faits, le mode de valorisation le plus généralisé dans le pays compte tenu du fait que le secteur de l'assainissement connaît un grand retard. Elle est réalisée à la périphérie de certaines grandes villes continentales où les terrains agricoles sont disponibles en aval des lieux de déversements des effluents, et également dans de petites parcelles aux alentours des rejets des réseaux d'assainissement. Les contraintes climatiques amènent naturellement les agriculteurs à irriguer les cultures là où la ressource en eau est disponible.

Dans la région de Meknès, les eaux usées sont rejetées, sans traitement, dans les oueds traversant la ville. Ces eaux usées brutes ou mixtes (mélangées avec les eaux des oueds) sont utilisées pour l'irrigation des terrains situés en aval des lieux de déversement des effluents domestiques et industriels. Même si ces eaux assu-

rent à la ville son aspect verdoyant et une activité agricole rentable, les agents pathogènes et les micropolluants véhiculés, peuvent avoir un effet néfaste sur la santé publique et sur les composantes de l'écosystème (sol, plante, nappe phréatique). La charge microbienne véhiculée par l'eau, peut affecter aussi bien le producteur que le consommateur (Mara et al, 1980).

Ce travail a pour objectif d'évaluer :

- la qualité physico-chimique, bactériologique et parasitologique des eaux utilisées en agriculture.
- l'impact de la pollution, générée par le rejet des eaux usées brutes, sur le milieu récepteur.

I. MATERIELS ET METHODES

1.1. Etude du milieu de la Région de Meknès

1.1.1. Cadre géoclimatique :

La ville de Meknès se situe dans la partie septentrionale du Maroc. La population de la ville est estimée actuellement à 1 536 532 habitants (recensement de 2004). Meknès est située à une altitude de 500m, sur le plateau de Saïs, entre le moyen Atlas au Sud et les collines pré rifaines au nord ; le dit plateau s'étend sur une superficie de 4560 kilomètres carrés.

La ville de Meknès est traversée par l'oued Boufekrane, qui sépare la vieille ville de la ville moderne. Son bassin versant est le Sebou (fleuve du Maroc, né dans le Moyen Atlas qui rejoint l'Atlantique : 458 Km. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : c'est la deuxième ville de la plaine Saïs après Fès (Figure 1), située aux coordonnées géographiques suivantes : Longitude : 5° 33' (ouest), Latitude : 33° 54' Nord, Altitude : 530mm (moyenne).

La classification d'Emberger classe la région de Meknès dans l'étage bioclimatique de type méditerranéen semi-aride à hiver tempéré. Le régime thermique de Meknès est marqué par l'éloignement des côtes, d'où une importante amplitude thermique extrême atteignant 25,4°C.

La température du mois le plus chaud varie entre 29°C et 38 °C, et celle du mois le plus froid varie entre 2°C et 7 °C. La ville de Meknès jouit d'un climat qui fait d'elle l'une des régions du Maroc où l'agriculture est intensive puisque son climat est favorable à la plupart de cultures pratiquées au Maroc.



Figure 1 : Situation géographique de la ville de Meknès
(Geographical situation of Meknès)

1.1.2. Cadre physique :

La configuration du réseau d'assainissement de la ville s'articule autour de 3 oueds qui la traverse (Figure 2).

- celui de l'oued Boufekrane situé au centre de la ville,
- celui de l'oued Ouislane, qui reçoit les eaux usées de la partie Est de la ville et du centre d'Ouislane,
- celui de l'oued Bouishak, qui reçoit les eaux usées de la partie ouest de la ville et du centre de Toulal. Ces eaux usées brutes ou mixtes sont utilisées pour l'irrigation des cultures maraîchères et l'arboriculture.

1.2. Site de l'étude

Dans la région de Meknès, l'agriculture urbaine et périurbaine couvre une superficie totale de 31 897 ha dont 3 557 ha au sein même du périmètre urbain. Les recherches menées dans la région ont démontré que les zones de réutilisation s'étalent principalement le long du bassin des 2 oueds : Ouislane et Bouishak. Impropres à tout usage, pourtant la pratique de l'irrigation avec des eaux usées brutes ou mélangées persiste, la superficie maximale irriguée atteint 1800 hec-

Bassin	Eaux Usées brutes		Eaux mixtes		Total	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Boufekrane	25	3	485	68	510	33.5
Ouislane	345	43	210	29	555	36.5
Bouishak	435	54	20	3	455	30
Total	805	100	715	100	1520	100

Tableau I: Types d'eaux utilisées et superficie irriguée par vallée
(Types of used waters and surface irrigated per area).

tares, dont 1520 irrigués en permanence (Tableau I, Figure 2).

1.3. Echantillonnage et méthodes d'analyse :

La campagne d'analyse a été menée pendant la saison 2005 - 2006, à partir du mois de juillet 2005. Les échantillons d'eaux usées et ceux des oueds ont été prélevés mensuellement. L'étude de la contamination d'origine fécale a été appréciée par un dénombrement de coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux aussi bien au niveau de l'eau usée que l'eau des oueds. La méthode d'analyse utilisée est la méthode du nombre le plus probable (NNP).

L'analyse physico-chimique a porté sur 8 paramètres : pH, conductivité, Température, Oxygène dissous, Nitrates, Chlorures, Ortho phosphates, M.E.S (Rodier, 1984). Le suivi parasitologique repose sur la procédure de flottation par centrifugation décrite par (Ocker, 1969, Teichman, 1986).

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Concernant la qualité physicochimique des eaux usées de Toulal et de Borj Moulay Omar, les études témoignent d'une concentration assez élevée en azote (indispensable au développement des plantes), ce qui explique l'engouement des agriculteurs pour ces eaux. Les teneurs, enregistrées au niveau des deux oueds, en azote sont moyennes quelque soit le site considéré, les valeurs limites d'irrigation ne dépassent pas 30 mg/l (CNS, 1994).

Au niveau du bassin de l'oued Ouislane, les eaux usées de Borj

Moulay Omar qui sont rejetées dans le milieu récepteur sans traitement est à l'origine d'une forte concentration en M.E.S et qui avoisine 2800 mg (Tableau II, Figure 4) et qui représente un handicap très important car elle peut provoquer à long terme le colmatage des espaces interstitiels du sol (espace indispensable à la respiration des plantes).

Par contre, la quantité en M.E.S à l'amont de l'oued Bouishak est importante en comparaison avec l'aval. Cette forte quantité pourrait s'expliquer par le nombre important d'industries raccordées à ce collecteur principalement des tanneries et des huileries.

Le pH des eaux usées de Toulal et Borj Moulay Omar est légèrement neutre ou alcalin, entre 7,19 et 7,55 (Tableau II, Figure 3). Une eau de bonne qualité, destinée au maraîchage, doit avoir un pH entre 5,5 et

7,5 selon les légumes cultivés.

On note une concentration en chlorures qui ne dépasse pas 500 mg au niveau du bassin des 2 oueds (Tableau II, Figure 4). Les chlorures pourraient provenir des rejets industriels de la région. La concentration en chlorures pour une eau douce est évaluée à moins de 600 mg.

Pour la conductivité électrique au niveau des 2 oueds, on note des valeurs comprises entre 988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les plus faibles valeurs sont notées à l'amont d'oued Bouishak (Tableau II, Figure 3). La conductivité optimale pour une eau douce est située autour de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Del vaque, 1980b).

L'évolution de l'oxygène dissous dans les eaux des 2 oueds traduit une nette dégradation de la qualité de ces eaux et principalement dans les zones situées à proximité des

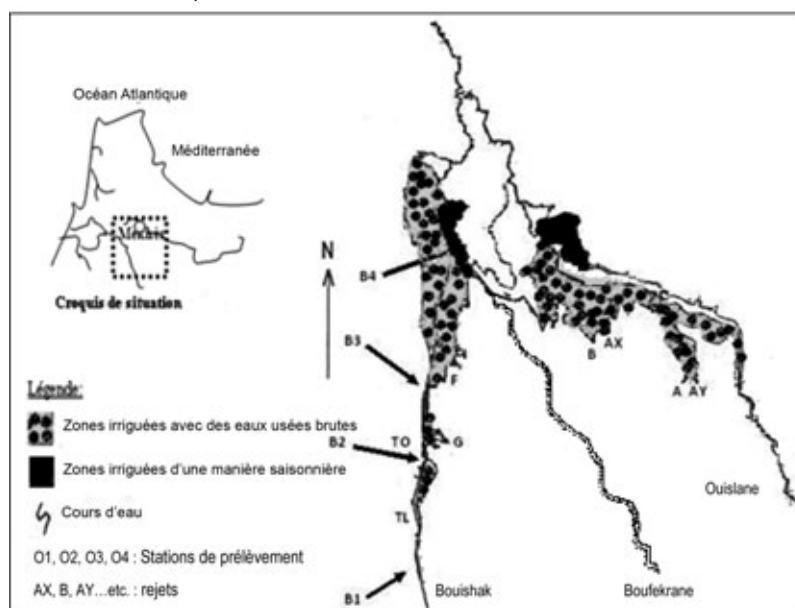


Figure 2 : Zone de réutilisation des eaux usées brutes et des eaux mixtes de la région de Meknès.

(Zone of raw wastewater and mixed water re-use in Meknès region)

rejets eaux usées (Tableau II, Figure 4). Ce déficit en oxygène dissous est le résultat de fortes charges organiques générées par les rejets de la ville de Meknès.

Dans les eaux usées, la charge microbienne en C.T, C.F, S.F est très importante : Les concentrations notées (Tableau II) varient respectivement entre 107 /100 ml et 3.107 /100 ml pour les C.T, entre 1,8.105 /100 ml et 8,3.105 /100 ml pour les C.F et entre 103/100 ml et 107/100 ml pour les S.F. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles généralement rencontrées dans les effluents urbains (Stover et al 1986, Emparanza-Knon et Forella, 1995, Niang, 1996 et 1999, Lazarova et al, 1998, Nigim et al, 2002). Aussi, cette charge bactérienne dépasse de loin celle préconisée par l'OMS pour les eaux d'irrigation et qui est de l'ordre de 103 CFU /100ml.

L'évaluation de la pollution parasitologique des eaux usées brutes de Borj Moulay Omar et Toulal révèle d'importantes charges en œufs d'helminthes, de l'ordre de 44 œufs/l et de 36 œufs/l (Figure 5). Cette différence de concentration en œufs d'helminthes entre les deux sites d'étude peut s'expliquer par le fait que les eaux usées brutes du quartier Borj Moulay Omar sont sensiblement plus chargées en parasites que les eaux usées du quartier Toulal qui sont mélangées avec les eaux industrielles et que la quantité d'œufs est sensible à la taille et à la structure démographique de la population raccordée au réseau d'assainissement. D'après certains auteurs : Bouhoum(1996), Elguamri et Belghyti (2003), la concentration en œufs d'helminthes est fortement liée au facteur démographique. Ce suivi parasitologique montre tout simplement que ces eaux sont inaptes à une utilisation en agriculture (principalement pour l'irrigation des crudités) vu qu'elles dépassent largement les normes édictées par l'OMS et le comité Normes et standards du Ministère de l'environnement du Maroc (1œuf d'helminthes par litre), ce qui pose un danger potentiel important pour la santé des exploitants agricoles et des consommateurs.

Paramètres	Stations	O1 : Pont d'Ouissane	O3 : Rejet d'eaux usées Borj Moulay Omar	O4 : Aval eau mixte	B1 : Amont	B4 : Eau Mixte (Eau d'Oued+Eaux usées Toulal)
Température de l'eau (°C)		17,78	19,15	19,15	22,9	24,4
pH		7,46	7,30	7,55	6,32	7,19
MES (mg/l)		1000	1200	2800	1500	1300
Conductivité (µS/cm)		1010	1048	1340	988	1397
Nitrates (mg/l)		4,19	2,57	2,73	5,05	3,32
Oxygène dissous (mg/l)		5,82	1,93	3,01	5,36	1,69
Ortho phosphates (mg/l)		7,63	20,6	8,07	1,42	26,5
Chlorures (mg/l)		319,5	426	386	186,6	421,5
Coliformes Féciaux (UFC/100ml)		10 ³	1,8.10 ⁵	8,3.10 ⁵	1,7.10 ²	8,3.10 ⁵
Coliformes Totaux (UFC/100ml)		2.10 ⁵	10 ⁷	2.10 ⁷	5.10 ⁵	3.10 ⁷
Streptocoques Féciaux (UFC/100ml)		10 ³	10 ⁷	10 ⁵	10 ³	10 ⁷

Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'Ouissane et de Bouishak au cours de la période juillet 2005- janvier 2006
(Physical and chemical characteristics of waters of Ouissane and Bouishak from July, 2005 to January, 2006)

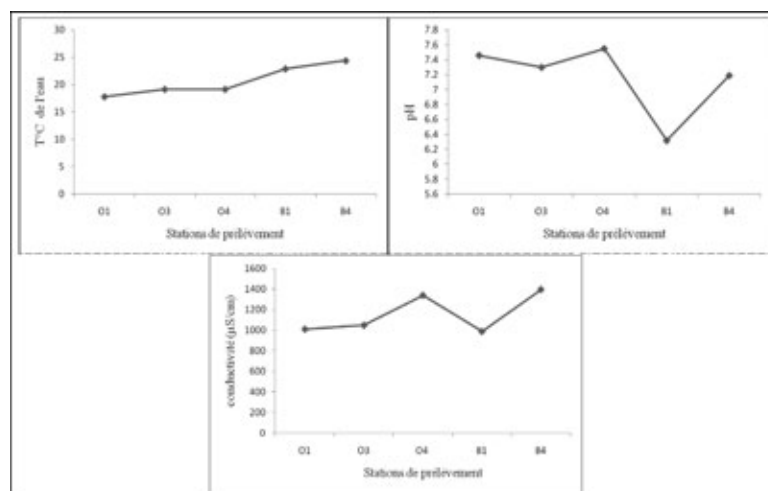


Figure 3 : Evolution des valeurs moyennes des Température, du pH et de la Conductivité des eaux des deux Oueds
(Evolution of the mean values of Temperature, pH and Conductivity of wastewater and waters at the both Oueds)

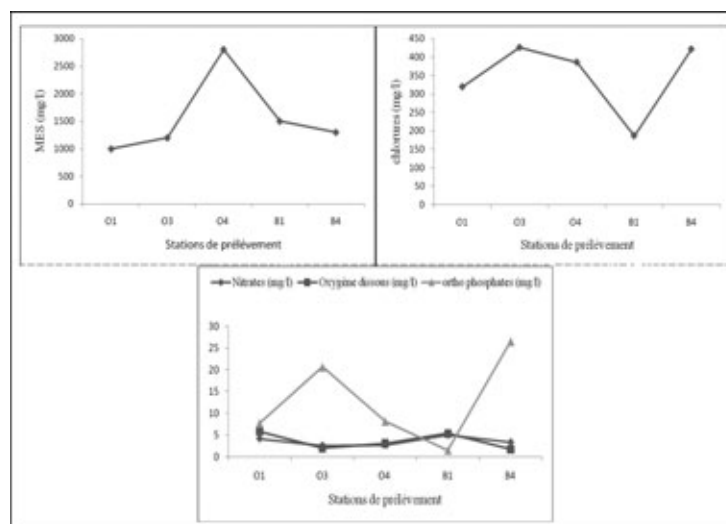


Figure 4 : Evolution des valeurs moyennes de quelques paramètres et indicateurs de pollution au niveau des eaux deux Oueds
(Evolution of the mean values of some pollution parameters and indicators of water at the both Oueds)

CONCLUSION

Les campagnes d'analyses physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques qui ont été réalisées, ont démontré que ces eaux d'arrosage (eaux usées et eau des oueds) sont intéressantes pour l'agriculture à condition qu'elles soient exemptes de métaux lourds. La présence de nitrates à des taux relativement pas très élevées peut avoir un impact positif sur les cultures dans le cas d'une réutilisation mais également un effet négatif sur la santé humaine et la qualité des eaux superficielles (Fabry, 1997). Cependant, la charge micro biologique et parasitologique mesurée des eaux peut constituer un risque potentiellement dangereux sur la santé dans la mesure où elles sont utilisées en irrigation. Les niveaux de pollutions micro biologiques pour les types d'eaux sont, dans la plupart du temps, plus élevées que les seuils recommandés par l'O.M.S pour l'arrosage des légumes susceptibles d'être consommés crus. Ces bactéries, indicateurs de la pollution fécale, sont présentes à des concentrations élevées et sont documentées dans des études épidémiologiques comme étant associées à un grand risque de contracter des maladies gastro-intestinales et respiratoires après contact avec de l'eau polluée (Cabelli, 1983 ; Cissé, 1997 ; Pruss, 1998 ; Haile et autres, 1999). Les risques sanitaires de la réutilisation des eaux usées sont liés essentiellement à deux éléments, la contamination de l'environnement et le comportement des personnes à risques, les exploitants maraîchers, les enfants des exploitants, les revendeurs et les consommateurs (Cissé, 1997).

Globalement, il apparaît que sur l'ensemble des formes de pollutions observées dans les eaux d'irrigation dans la région de Meknès, seule la pollution bactériologique et parasitologique peuvent constituer un handicap pour une réutilisation en agriculture. Les risques de maladies peuvent être limités, comme l'indique l'étude de Mara D. et Caincross (1991), lorsque les eaux sont utilisées en arboriculture par un certain

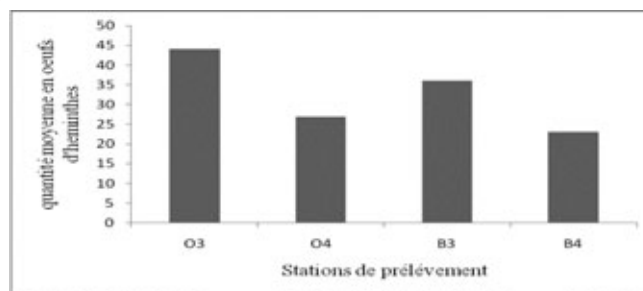


Figure 5 : Concentration moyenne en œufs d'helminthes des eaux usées brutes et des eaux Mixtes de Ouishane et Bouishak

(Average concentration of helminthes in raw wastewater and mixed water of Ouishane and Bouishak)

nombre de mesures, notamment :

- la protection des arboriculteurs (gants, bottes, masques),
- l'arrêt de l'arrosage deux semaines avant la récolte des fruits.

Au final, les ressources hydriques dans la région de Meknès deviennent de plus en plus rares. L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation constitue une alternative pour combler le déficit hydrique de la région. Cette étude démontre le risque sanitaire des eaux usées utilisées pour l'irrigation et vient compléter les autres études qui ont mis en évidence des risques potentiels liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine en Afrique de l'Ouest (Gagneux et Al, 2000 ; Cissé et al, 2001 ; Cissé et Al, 2002).

Il apparaît clairement que le principe d'une interdiction d'une réutilisation des eaux usées n'est pas la solution adéquate. Dès alors, il s'impose d'assujettir l'utilisation des eaux usées à des mesures d'accompagnement en vue du respect des normes de qualité des produits. Ces mesures tournent autour de l'épuration des eaux usées avant leur réutilisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Rehaili A.M., (1997). Municipal wastewater treatment and reuse in Saudi Arabia. Arabian J. Sci. Eng. 22 (1C), 143-152.
- Aquastat-Fao. (1997). Information system on water and agriculture, <http://www.fao.org/ag/aGL/AGLW/aquastat/regions/>.
- Blumenthal .U.J. et Al., Mara .D.D., Peasey A., Ruiz-Palcios G. and Scott R., (2000). Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines, Bull. World Health Organ. 78 pp.

1104-1116.

Bouhoum K., (1996). Etude épidémiologique des helminthiases intestinales chez les enfants de la zone d'épandage des eaux usées de Marrakech/ Devenir des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans différents systèmes extensifs de traitement des eaux usées, Thèse de Doctorat d'Etat, Fac. sci. de Marrakech, 227p

Cabelli V., (1983). Health Effects Criteria for Recreational Waters. Research Triangle Park, EPA, EPA-600/1-80-031.

Cisse G. & Tanner M., (2001). Utilisation des eaux usées ou polluées en agriculture urbaine dans le contexte sahélien : risques sanitaires, aspects socio-économiques, et contraintes pour un développement durable. In Sempervira N° 10, CSRS, Abidjan.

Cisse G., (1997). Impact sanitaire de l'utilisation d'eau polluées en agriculture urbaine, Cas de maraîchage de Ouagadougou (Burkina Faso).Thèse N°1639.Ecole Polytechnique Federale.Lausanne

Cisse G., Kientga M., Boureima O. & Tanner M., (2002). Développement du maraîchage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : Quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ? Cahiers Agriculture ; 11 :31-8.

Comite Normes et Standards. (CNS), (1994). Ministère de l'environnement du Maroc. Rabat.

Delvaque .J., (1980b). Etude pour une planification des cultures maraîchères au Sénégal. , tome 2. Etude analytique. Economique, technique et commerciale. Centre pour le développement de l'horticulture du Sénégal, 72 p.

El guamri et Belghyti., (2003). Les œufs d'helminthes parasites dans les eaux usées de deux collecteurs

urbains de la commune de Saknia-Fouarat (Kenitra, Maroc). 8pp. Actes du colloque international sur la gestion et la préservation des ressources en eau. Revue Minbar Ajamiaa. N°6. Université Moulay Ismail. Meknès.

Emparanza- Knorr A., Torella F., (1999). Microbiological performance and Salmonella dynamics in wastewater depuration pond system of south eastern Spain. *Wat. Sci.*, Vol. 31. N° 12: 239-248.

Ensink J.H.J et al., Ensink J.H.J., Mahmood T., van der Hoek W., Raschid-Sally L. and Amerasinghe F.P., (2004a). A nation-wide assessment of wastewater use in Pakistan: an obscure activity or a vitally important one?, *Water Policy* 6 pp. 197-206

Faby J.A., (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages.

Faby J.A., (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages.

Gagneux S., Schneider C., Odermatt P., Cisse G., Cheikh D., Ould Selmanem L., Ould Cheikh D., Toure A., Tanner M., (1999). La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Médecine Tropicale* 53 : 253-258

Haile R.W et al., Haile R.W., White J.S., Gold M., Cressey R., McGee C., Millikan R.C., Glasser A., Harawa N., Ervin C., Harmon P., Harper J., Derman J., Alamillo J., Barrett K., Nides M. and Wang G.Y., (1999). The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff, *Epidemiology* 10 pp. 355-363.

Lazarova V., Savoye P., Janex M.L., Blatchley E.R. and Pommepay M., (1998). Advanced Wastewater Disinfections Technologies. State of the art and Perspectives. Recycling and Reuse. 2° international Conference. Resources and Environment: Priorities and challenge. 14-16 September, Milan, Italy, 354-362.

Mara D. et Cairncross S., (1991). Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture.

Mesures pour la protection de la santé publique .OMS Genève

Mari_o M. and Boland J., (1999). An Integrated Approach to Wastewater Treatment, The World Bank, Washington.

Niang S., (1996). Utilisation des eaux usées domestiques en maraîchères périurbain à Dakar (Sénégal), *Sécheresse* n° 3, vol 7 212-223

Niang S., (1999). Utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal : bilan et perspectives. In *Agriculture Urbaine en Afrique de l'ouest* sous la direction de O. Smith- CTCAP ET CRDI. pp 104-125

Nigim H., Hashlamoun W.A, Al-dadah J.Y, and Abu-Marasa A., (2002). Potential implementation of sub surfaces drip irrigation with primary treated wastewater. IWA Regional Symposium on Water Recycling in Mediterranean Region. Iraklio, Greece. 26-29 September . Preprint Book 2: 171-174.

Ocker G., (1969). Erfahrungen mit einer modifizierten Austrebsmethode zum Nachweis von Wurmeiern, (Expériences réalisées selon une méthode de sédimentation modifiée, pour la détection des œufs d'helminthes dans les eaux usées. II. Applicabilité de la méthode.) *Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete.*, 15 ; 515-521

Peasey A. et Al, Peasey A., Blumenthal U., Mara M. and Ruiz-Palacios G., (2000). A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective, *WELL Study* Pruss, (1998). A. Pruss, Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water, *Int. J. Epidemiol.* 27 pp:1-9. Raschid-Sally, L., Bradford A.M., Endamana D., (2004a). Productive use of wastewater by poor urban and peri-urban Farmers: Asian and African case studies in the context of the Hyderabad Declaration on Wastewater Use. In: Moriarty, P., Butterworth, J., van Koppen, B. (Eds.), *beyond Domestic: Case Studies on Poverty and Productive Uses of Water at the Household Level*. IRC, International Water and Sanitation

Centre, Delft, (Technical paper Series 41), pp: 95- 116.

Rodier J., (1984). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer .6^{ème} édition. Dunod technique. Paris. (1978) 1125 pp.

Scott C.A., Faruqui N.I., and Raschid-Sally L., (2004). Wastewater use in irrigated agriculture management challenge in developing countries, *IWMI, CRDI*, 9pp

Shetty S., (2004). Wastewater use in Tunisia: lessons learned and the road ahead. In: Scott, C., Faruqui, N.I., Raschid, L. (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. Commonwealth

Agricultural Bureau International, Orient- Longman, and International Development Research Centre, Ottawa, Canada, pp. 163-171.

Shuval, H.I., A. Adin, B. Fattal, E. Rawitz, P.Yekutieli, (1986). Wastewater irrigation in developing countries—health effects and technical solutions. The World Bank, Washington, DC, World Bank Technical Paper Number 51.

Stover E., Haas Ch., Rakness K., Scheible O., (1986). Design Manuel. Municipal Wastewater Disinfection. EPA/625/1-86/021. Cincinnati. OH 45268. Preprint Book 2: 171-174

Teichmann A., (1986). Zur Methodik des quantitative Nachweis Helminthenstadien in kommunalen Abwassern. (La detection des oeufs d'helminthes dans les eazux uses municipals.) *Angewandte Parasitologie*, 27; 145-150,

Toze, (1997). Microbial pathogens in wastewater. CSIRO Land and Water Technical report 1/97.

Who., (1998). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. World Health Organization, Geneva, Technical Report Series, No. 778