



APPROCHE DE LA QUALITE BIOLOGIQUE DE L'OUED OUISLANE, AU VOISINAGE DES EFFLUENTS BRUTS DE LA REGION DE MEKNES

***EL ADDOULI J.¹, CHAHLAOUI A.¹, BERRAHOU A.², CHAFI A.²,
ENNABILI A.³,***

¹Laboratoire de Biochimie et Environnement, Faculté Des Sciences, Université Moulay
Ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.

²Laboratoire Hydrobiologie et Ecologie Générale, Faculté Des Sciences, Université
Mohammed 1^{er}, BP 717 60000 Oujda, Maroc.

³Laboratoire PAMSN, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, BP 8691-30100,
Maroc.
eladdoulijamal@yahoo.fr

RESUME

La ville de Meknès, se trouve particulièrement touchée par le problème de pollution, du fait de sa démographie croissante et du développement continu du secteur industriel. Le cours d'eau Ouislane est l'un des oueds du réseau superficiel de la ville, actuellement menacé par les activités humaines (rejets urbains et industriels, utilisation d'eau pour les besoins agricoles, etc...). Dans le but de cerner l'état de pollution de ce cours d'eau, notre étude porte sur la détermination de paramètres physico-chimiques et une analyse bactériologique de l'eau. Les résultats obtenus décrivent une situation préoccupante de l'état de ce cours d'eau qui se trouve menacé dangereusement par les activités humaines. La perpétuelle dégradation de la qualité de ces eaux conduirait certainement à la perte de ce patrimoine naturel de la ville, si des mesures de protection ne sont pas entreprises.

Mots clés : Oued Ouislane, eaux usées, physicochimie, bactériologie, pollution.

ABSTRACT

The city of Meknès is particularly affected by the problem of pollution owing to its growing population and ongoing industrial development. The Ouislane River

represents a strategic superficial water network of the city. It is currently being endangered by human activities such as urban and industrial wastes, the use of water for agricultural needs, etc...In order to circumvent the polluted condition of the river, both a study on the specification of physical-chemical parameters and a bacteriological analysis have been carried out. The ensuing findings delineate an alarming situation of the river's condition which is dangerously being menaced by human activities. The constant deterioration of the quality of water will certainly lead to the loss of the city's natural endowments.

Keywords: Wadi Ouislane, Wastewaters, Physical, Chemical and bacteriological parameters, pollution.

INTRODUCTION

Faisant partie des pays à climat méditerranéen arides à semi-arides, le Maroc a un potentiel hydrique relativement limité et aléatoire (COP 7, 2001; CSEC, 2001). Les estimations prévisionnelles de l'offre et de la demande, effectuées par la Banque Mondiale (1995), en tenant compte des changements climatiques que subit le Maroc induisant des séquences de sécheresse pouvant s'étaler sur plusieurs années, montrent que le Maroc serait, dans moins de 20 ans, en situation de stress hydrique chronique (ressources en eau renouvelables inférieurs à 500 m³/hab/an).

Par ailleurs, la détérioration de la qualité des ressources en eau suite à l'activité humaine constitue une menace aussi importante que celle liée au déséquilibre quantitatif. En effet, le problème de pollution des ressources en eau généré par les rejets urbains et par l'activité industrielle et agricole, diminue le potentiel des ressources hydriques de bonne qualité. Cette détérioration de la qualité des eaux a un impact négatif sur la santé de la population et compromet par la suite le développement socio-économique du pays.

Toutes les villes du Maroc sont concernées par le problème de pollution, tout particulièrement la ville de Meknès du fait de sa démographie croissante et du développement continu du secteur industriel.

L'installation d'industries importantes au niveau des versants de l'oued Ouislane (cimenterie, plastique, tannerie, etc.), l'élevage, l'irrigation des cultures maraichères, provoquant un assèchement d'une grande partie du cours d'eau pendant l'été, représentent des sources de pollution non négligeable du cours d'eau.

Le présent travail a donc pour objectif de déterminer, à la lumière des résultats obtenus concernant la physico-chimie et la bactériologie des eaux de l'oued Ouislane, la nature et l'impact de cette pollution sur la qualité des eaux de la zone d'étude.

MATERIELS ET METHODES

Situation géographique

La ville de Meknès se situe dans la partie septentrionale du Maroc. C'est la deuxième ville de la plaine de Sais après Fès. Le climat est de type méditerranéen avec une pluviométrie moyenne de 660 mm/an. L'oued Ouislane appartient au réseau hydrographique superficiel de la région de Meknès, prenant naissance au Sud-est du village Boufekrane, la largeur de son bassin versant est de 5 à 6 Km en moyenne.

Quatre stations ont été choisies sur le lit naturel de l'oued Ouislane (Figure 1) afin de suivre l'évolution de la pollution. Ces points de prélèvement sont de l'amont vers l'aval.

Méthodes d'échantillonnages et d'analyses

Le choix des stations de prélèvements a été effectué en fonction de l'implantation des activités humaines et industrielles; elles sont présentées sur la figure 1, de l'amont vers l'aval. La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'observation (Juillet 2005 - Juin 2006) était d'un prélèvement par mois. Neuf paramètres ont été mesurés. On prélève, chaque mois, dans des flacons de polyéthylène un volume de 1,5 l destiné aux analyses physico-chimiques à partir des stations d'études les plus utilisés pour la consommation, ainsi que des stations d'eaux usées. Le transport au laboratoire des flacons de prélèvement a été effectué dans une glacière à basse température (+4°C).

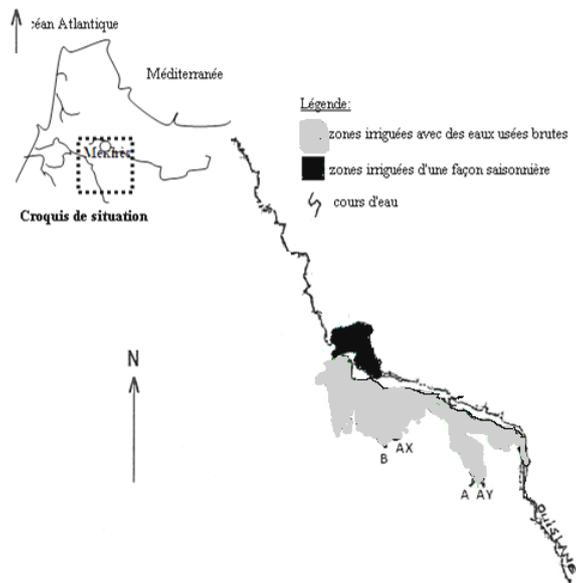


Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude.

L'étude physico-chimique des eaux a porté sur la détermination du pH, de la température ($^{\circ}\text{C}$), de la conductivité (C.E), des chlorures (Cl^-), des nitrates (NO_3^{2-}), des nitrites (NO_2^-), des sulfates (SO_4^{2-}), des ortho phosphates (PO_4^{3-}) et de l'oxygène dissous (O_2). Les méthodes utilisées sont celles citées par Rodier (1978).

RESULTATS ET DISCUSSION

Etude de la qualité physico-chimique des eaux

L'étude évolutive des teneurs moyennes des principaux paramètres et indicateurs de pollution a montré que :

- Les valeurs du pH des eaux de l'oued Ouislane se trouvent dans la zone normale, leurs valeurs moyennes varient de 7,44 à 7,57 et dévoilent un léger gradient croissant de l'amont vers l'aval. Le pH est légèrement neutre à modérément alcalin au niveau des effluents brutes (Station O_2 et O_3) (Tableau 1), la diminution du pH résulte de l'activité bactérienne de décomposition de la matière organique (Ansa-Asare et al., 1999; Neal et al., 2000 a). Les valeurs saisonnières des eaux de L'oued ne présentent pas de fluctuations très importantes à l'exception du printemps qui enregistre les valeurs en pH les plus élevées (Tableau 1).

- La température moyenne des stations d'étude présentent des valeurs comprises entre 19,43°C (station O₁) et 20,54°C (station O₂). L'évolution temporelle de la température de l'eau montre des valeurs maximales en été et minimales en hiver (Tableau 1). La variabilité saisonnière de la température est liée exclusivement à la notion temps et non pas aux stations d'échantillonnage (Chahlaoui, 1996; Vega et al., 1998 ; Silva et Sacomani, 2001).
- Nous notons pour la conductivité électrique une large variation mensuelle de composition chimique des eaux, elle varie entre un minimum de 982 µs/cm à 20°C et un maximum de 2101µs/cm à 20°C. L'augmentation de la minéralisation en période estivale serait favorisée par la diminution du débit de l'eau en faveur de la prédominance des rejets fortement minéralisées et à l'accélération du processus bactérien de la minéralisation de la matière organique (Silva et Sacomani, 2001).
- L'évolution de l'oxygène dissous dans les eaux de l'oued Ouislane traduit une nette dégradation de la qualité des eaux en aval, à proximité des eaux usées, et passe de 6,60 mg/l à 4,14 mg/l (Figure 2). Ce déficit en oxygène dissous est important en été (Tableau 1) et qui serait le résultat de fortes charges organiques générées par les effluents liquides de la ville de Meknès. Les eaux de l'oued Ouislane peuvent être classées dans la catégorie des eaux de moyenne qualité (Cns, 1994).
- Les chlorures représentent l'un des indicateurs les plus significatifs de la qualité chimique des eaux ; la comparaison des valeurs moyennes en chlorures démontre l'existence d'un gradient croissant de l'amont vers l'aval; les valeurs passent de 310,38 mg/l en amont à 435,43 mg/l à l'aval du cours d'eau. Comparées avec la grille de la qualité des eaux de surface (Cns, 1994) les eaux de l'oued Ouislane (Figure 2) correspondent aux eaux de surface de moyenne qualité. Les effluents domestiques et industrielles présentent des moyennes respectives en chlorures de l'ordre de 375,5 mg/l et 431,48 mg /l.
- Les concentrations moyennes en ortho-phosphates montrent une augmentation au niveau des stations O₃ et O₂ puis une chute progressive vers les stations O₁ et O₄. L'enrichissement en ortho phosphates, de la station aval de l'oued O₄ par rapport à la station O₁, pourrait être expliqué par l'effet des rejets d'eau usée (Neal et al., 2000a; Jonnlagadda et Mhere, 2001; Vega et al., 1998; Silva et Sacomani, 2001). La comparaison des concentrations saisonnières révèle de fortes teneurs en hiver et au printemps laissant suggérer une bonne part de l'effet du lessivage à la suite des crues (Figure 2). Les concentrations les plus basses sont notées pendant la saison sèche.

Les variations saisonnières importantes en ortho phosphates observées en hiver, serait due d'une part aux sources agricoles et domestiques (Neal et al., 2000b; Jonnlagadda et Mhere, 2001; Petry et al., 2002) et d'autres part à la libération du phosphore stocké dans les sédiments suite aux interactions entre l'eau et les sédiments (Neal et al., 2000a; Bowes et House, 2001).

Tableau 1 : Variation saisonnière des paramètres physico-chimiques au niveau des eaux de l'oued Ouislane. A : Automne, E : Eté, H : Hiver, P : Printemps

Station / Saison	pH	T	O ₂	C.E	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	
		°C	mg/l	µcm/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
O1	E	7,91	24,40	4,76	969,33	331,67	1,32	5,23	0,79	14,66
	A	7,09	19,04	6,02	1022	307,67	6,46	4,23	1,15	9
	H	6,69	14,00	6,96	983,67	307,67	7,80	7,76	1,92	7,86
	P	8,08	22,10	8,67	1324,33	294,50	8,44	6,30	0,72	9,29
O2	E	7,53	25,9	0,36	1274,67	332,83	13,42	3,06	2,52	13,48
	A	7,13	18,68	1,24	1233	331,33	27,60	1,76	1,96	21,78
	H	6,30	16,00	3,16	1302	425,83	32,33	6,55	2,61	9,67
	P	8,01	21,57	7,63	1325,67	340,33	24,86	1,48	2,18	23,36
O3	E	7,35	25,36	0,36	1200,33	396,67	19,95	4	2,04	33,22
	A	7,21	17,54	2,55	1031,67	449,67	24,06	2,01	1,93	13,10
	H	6,93	13,17	3,2	1153	514,73	10,18	3,37	2,03	3,16
	P	7,71	21,63	7,13	1449,67	364,83	28,15	2,80	1,49	17,25
O4	E	7,76	23,36	1,46	1758,33	582,23	2,43	5,87	1,44	19,23
	A	7,36	18,20	3,98	1119,67	295,83	6,13	2,73	1,92	10,17
	H	7,03	14,47	3,87	1099	520,67	13,03	6,76	2,68	10,70
	P	8,13	22,57	7,23	1124,67	343	10,82	5,80	1,06	21,28

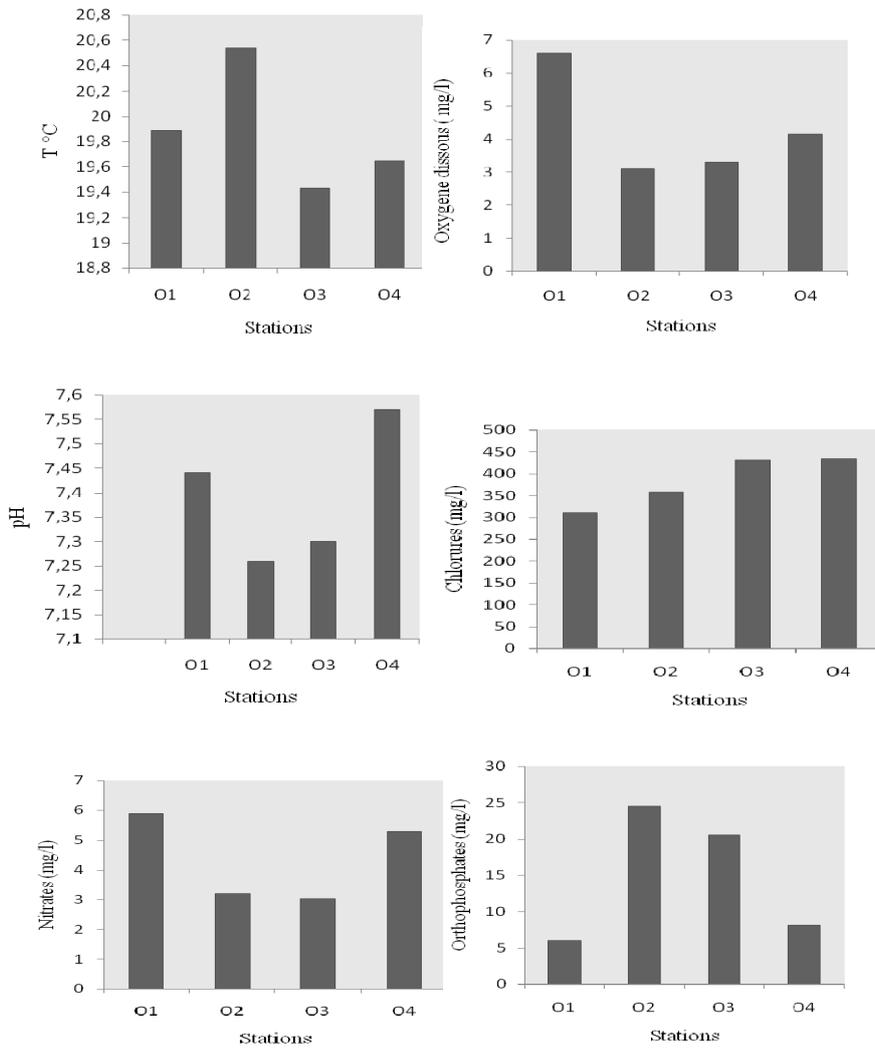


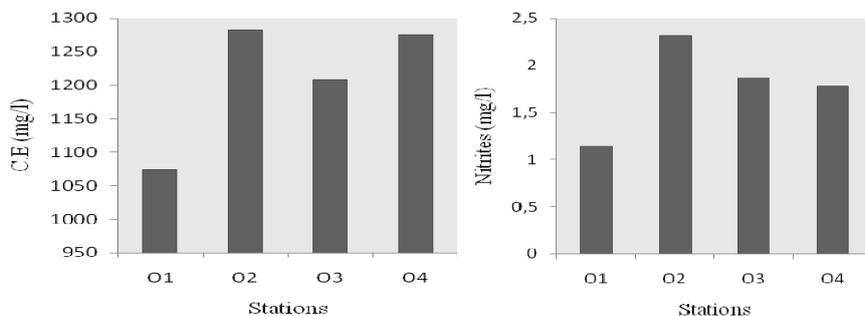
Figure 2 : Teneurs moyennes du pH, de la température, de l'oxygène dissous, des nitrates, des chlorures et des ortho-phosphates au niveau des eaux de l'oued Ouislane

- L'analyse des concentrations des nitrates dans les eaux de l'oued Ouislane montre que les quantités les plus élevées sont enregistrées au niveau des (Station O₁ et O₄) alors que des valeurs faibles et légèrement similaires sont enregistrées au niveau des stations O₂ et O₃. Au niveau de l'oued Ouislane, les nitrates s'avèrent liées aux périodes des crues. Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement et l'entraînement des déchets d'origines végétales et animales, très riches

en composés organiques azotées, seraient sans doute responsables de l'élévation des concentrations des nitrates.

Ces variations saisonnières ont été mentionnée dans la littérature : une augmentation des concentrations en nitrates pendant l'hiver suite à l'augmentation du lessivage et des valeurs plus faibles en été et en automne du faite de la diminution de l'introduction diffuse (Berzas et al., 2000; Neal et al., 2000 b; House et al., 2001).

- La variation spatiale des sulfates au niveau des eaux de l'oued Ouislane montre des concentrations statistiquement comparable entre l'aval de l'oued et les deux effluents domestiques et industriels (Station O₂ et O₃). L'amont de l'oued présente la valeur moyenne la plus faible, de l'ordre de 10,20 mg/l (Figure 2). Les variations temporelles des sulfates montrent des teneurs maximales au printemps et en été a l'aval de l'oued (Tableau 1) et qui serait attribuable à des rejets d'eaux usées chargés en sulfates et dont l'effet serait atténué par les dilutions provoquées par les apports des eaux de ruissellement pendant la période pluviale. Les moyennes des sulfates au niveau de l'oued Ouislane restent moins élevées que celles relevées dans d'autres travaux (Vega et al., 1998; Silva et Sacomani, 2001) ; ces auteurs ont suggéré que l'enrichissement des eaux en sulfates serait probablement liés à la morphologie des sols traversés par le cours d'eau.
- L'évolution des nitrites au niveau des eaux de l'oued Ouislane montre des teneurs légèrement faibles. La station amont de l'oued présente des valeurs plus faibles par rapport aux autres stations (Stations O₂, O₃ et O₄). Globalement, la cinétique des éléments azotés suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval de l'oued. Il faut relever particulièrement la présence d'une charge azotée maximale en période de crue au niveau de nos stations d'étude (Tableau 1).



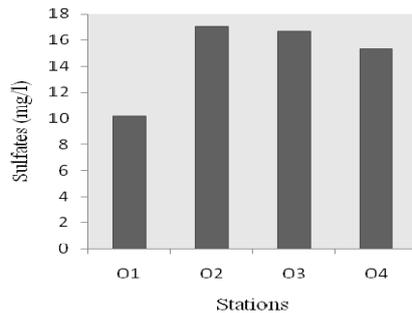


Figure 3 : Teneurs moyennes de la conductivité, des sulfates et des nitrites au niveau des eaux de l’oued Ouislane

Etude de la qualité bactériologique des eaux

Coliformes Totaux (C.T)

L'évolution de la concentration de coliformes totaux au niveau de notre site d'étude montre un gradient croissant de l'amont vers l'aval et permet de dégager les constatations suivantes :

- Un premier secteur représenté par l'effluent domestique (Station O₃) et la station aval de l'oued Ouislane (Station O₄), caractérisées par des valeurs très élevées en C.T, qui oscillent entre 10^3 UCT/100ml et $5 \cdot 10^7$ UCT/100ml, avec des concentrations maximales en été et en automne (Tableau 2), témoin d'une contamination directe ou indirecte par la matière fécale. La station O₄ est en contact direct avec les rejets domestiques, industriels et agricoles.
- Un deuxième secteur représenté par la station O₂ caractérisé par des valeurs importantes mais intermédiaires, qui dépassent largement les normes préconisées pour une irrigation des cultures maraichères.
- Un troisième secteur représenté par la station amont de l'oued (Station O₁) qui présente les concentrations les plus faibles de notre site d'étude (Rejets d'origine agricole).

Coliformes Fécaux (C.F)

L'évolution spatiale des coliformes fécaux suit les mêmes tendances que pour les coliformes totaux. Les concentrations les plus élevées en C.T sont enregistrées à l'aval de l'oued Ouislane. La variation saisonnière est très

significative, avec des valeurs maximales en été et en automne (Tableau 2), favorisée par la température. D'autres auteurs ont souligné l'existence de fluctuations saisonnières importantes des coliformes totaux au niveau des cours d'eau (Aboulkacem, 2007, Chahlaoui, 1996).

Streptocoques Fécaux (C.F)

La variation spatiale du troisième groupe indicateur de contamination fécale montre un gradient croissant de l'amont (Station O₁) vers l'aval de l'oued (Station O₄). La variation saisonnière n'est pas très nette pour la station O₁, les germes dénombrés sont en concentrations faibles et régulières durant toute la période d'étude (Tableau 2). Cependant, les autres stations, Principalement O₃ et O₄, présente des quantités en S.F très importante pendant la période estivale, automnale et printanière ou on assiste à une diminution du débit d'eau et à un apport accrue des eaux usées.

Salmonelles

Pour ce qui est des germes pathogènes du genre Salmonelles, elles n'ont pas été détectées dans les eaux de l'oued Ouislane, malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale, l'existence probable de ces germes à l'état viable non cultivable remettrait en question les techniques de culture classique utilisée. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études Similaires en dépit de la présence d'une forte charge bactérienne d'origine Fécale (Aboulkacem et al., 2007; Galès et Baleux, 1992; Chahlaoui, 1996; Schaffter et Parriaux, 2002).

Tableau 2 : Variation saisonnière des bactéries indicatrices de la contamination fécale (CT, CF et SF) au niveau des eaux de l'oued Ouislane.
C.T : Coliformes totaux. C.F : Coliformes fécaux. S.F : Streptocoques fécaux

Oued	Log10 de bactéries par 100 ml	Saisons				
		Eté	Automne	Hiver	Printemps	
Ouislane	CF	O1	0,76	2,15	2,53	1,66
		O2	4,30	2,89	3,25	2,86
		O3	4,82	4,12	2,63	3,53
		O4	4,58	4,61	2,63	3,86
	CT	O1	1,75	2,82	3,48	2,33
		O2	4,89	6,35	4,02	3,79
		O3	5,40	6,02	4,12	5,69
		O4	5,74	7,61	3,72	5,61
	SF	O1	1,73	2,2	3,25	2,2
		O2	4,35	5,02	4,43	3,35
		O3	4,61	6,35	3,99	4,76
		O4	3,80	4,35	3,99	4,76

CONCLUSION

Le présent travail s'insère dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'oued Ouislane, qui reçoit les rejets sans aucun traitement préalable, et à la répartition des germes indicateurs d'une pollution microbienne en réponse aux différentes perturbations de l'écosystème.

Le suivi spatio-temporel de plusieurs traceurs physico-chimiques nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale et organique à l'aval des rejets.

Le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale (CT, CF et SF) et la distribution spatio-temporelle de ces micro-organismes a reflété une pollution fécale intense en aval des rejets qui diminue considérablement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source potentielle de contamination. L'abondance des germes fécaux varie peu d'une campagne à l'autre et les valeurs enregistrées dépassent largement les normes des eaux destinées à la consommation et à l'irrigation. La recherche de certains germes pathogènes, genre salmonelles, a abouti à des résultats négatifs. Les résultats de l'analyse des eaux permettent de conclure que la qualité de ces eaux est moyenne et ne peuvent donc être utilisées pour l'irrigation des cultures maraichères de la région. Ces eaux peuvent, sous certaines conditions climatiques, constituer des risques de transfert de pollution en cas d'usage agricole. Il en découle une nécessité d'intervention urgente pour réhabiliter le site.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOULKACEM A, CHAHLAOUI A., SOULAYMANI A.,
RHAZI-FILALI F., BENALI D. (2007). Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), *REMISE*, vol.1, N°1, p : 10-22
- ANSA-ASARE O.D., MARR I.L., CRESSER M.T. (1999). Evaluation of cycling patterns of dissolved oxygen in a tropical lake as an indicator of biodegradable organic pollution. *Sci. Total Environ.* 231: 145-158.
- BANQUE MONDIALE, (1995). Royaume du Maroc. Le secteur de l'eau au Maroc, Rapport N° 12649 MOR, 71 pages.
- BOWES M.J., HOUSE W.A. (2001). Phosphorus and dissolved silicon dynamics in the river Swale catchment, UK: a mass-balance approach. *Hydrol. Process.* 15: 261-280.
- CHAHLAOUI A. (1996). Etude hydro biologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'état. Fac. Meknès, 234 p.
- COP 7. (2001). Communication Initiale du Royaume du Maroc à la Communauté Internationale. Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Marrakech, septembre, 22 p.

- COMITE NORMES ET STANDARDS (Cns). (1994). Ministère de l'environnement du Maroc. Rabat
- CSEC. (2001). Gestion de l'économie de l'eau. Conseil Supérieur de l'eau et du climat. 9^{ème} session. Agadir, 21-22 Juin, 53 pages.
- GALES P., BALEUX B. (1992). Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (salmonelle) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon- France) and the survival of this bacteria in brackish water. *Sci. Technol.* 25: 105-114.
- HOUSE W.A., LEACH D.V., ARMITAGE P.D. (2001). Study of dissolved silicon and nitrate dynamics in a freshwater stream. *Water Res.* 35(11): 2749-2757.
- PETRY J., SOULSBY C., MALCOLM I.A., YOUNGSON A.F. (2002). Hydrological controls on nutrient concentrations and fluxes in agricultural catchments. *Sci. Total Environ*, 294 (1-3) : 95-110.
- RODIER J. (1978). *L'analyse de l'Eau*. Dunod, Paris (6^{ème} édition).
- NEAL C., JARVIE H.P., HOWARTH S.M., WHITEHEAD P.G., WILLIAMS R. J., NEAL M., HARROW M., WICKHAM H. (2000a). The water quality of the River Kennet: initial observations on a lowland chalk stream impacted by sewage inputs and phosphorus remediation. *Sci. Total Environ.* 251-252: 477-495.
- NEAL C., HARROW M., WICKHAM H. (2000b). The water quality of a tributary of the thames, the Pang, southern England. *Sci. Total Environ.* 251-252: 459-475.
- SCHAFFTER N., PARRIAUX A. (b 2002). Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. *Water Res.* 36 (1): 131-139.
- SILVA A.M.M., SACOMANI L.B. (2001). Using chemical and physical parameters to define the quality of pardo river water (Botucatu-Sp-Brasil). Technical Note. *Water Res.*35(6): 1609-1616.
- VEGA M., PARDO R., BARRADO E., DEBAN L. (1998). Assessment of seasonal and pollting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Res.* 32(12): 3581-3592.
- JONNALAGADDA S.B., MHERE G. (2001). Water quality of the odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe, *Water Res.* 35 (10): 2371-2376.