



<http://www.remise.ma>

**Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds
Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc)**

*Comparative survey of the bacteriological quality of the waters of the
Boufekrane and Ouislane streams at the crossing of the Meknes city
(Morocco)*

A. ABOULKACEM^{1,2}, A. CHAHLAOU², A. SOULAYMANI³, F. RHAZI-FILALI² et D. BENALI³

1 : Laboratoire d'Epidémiologie et d'Hygiène du Milieu, Délégation de la Santé, Meknès

2 : Laboratoire de Biochimie et Environnement, Département de Biologie, Faculté des
Sciences de Meknès

3 : Laboratoire de Pharmacologie et Toxicologie, Département de Biologie, Faculté des
Sciences de Kénitra

Résumé

En absence de stratégie adéquate pour le traitement et l'épuration des eaux utilisées de la ville de Meknès, ces dernières sont directement déversées dans les cours d'eau. Afin d'évaluer les dégâts consécutifs, nous avons suivi, pendant treize mois, l'évolution de la pollution bactériologique dans les eaux de deux oueds Boufekrane et Ouislane qui traversent la ville. Les résultats obtenus renseignent sur une pollution importante traduite par les fortes charges en bactéries indicatrices de contamination fécale soient les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), les streptocoques fécaux (SF) et les spores de *Clostridium* sulfite-réducteur (CSR). La flore totale (FT) dénombrée à 37°C et 22°C montre des teneurs importantes, les germes pathogènes *Salmonella sp* et *Vibrio cholerae* n'ont pas été décelés dans les eaux des deux oueds, et la charge bactérienne suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval des deux oueds et présente également des variations saisonnières. Une apogée est détectée au cours de la saison estivale. La comparaison des deux oueds montre que les eaux de l'oued Boufekrane hébergent des charges bactériennes nettement plus importantes que celles de l'oued Ouislane.

Mots clés: oued, pollution fécale, variation spatiale et saisonnière, Boufekrane, Ouislane.

Abstract

Because of the lack of an adequate strategy for the treatment and the purification of the wastewaters of Meknes city, these are directly evacuated in the stream environment. In order to evaluate the subsequent damages, we followed, during thirteen months, the evolution of the bacteriological pollution in the waters of two oueds Boufekrane and Ouislane that cross the city. The results inform on an important pollution reflected by elevated numbers of indicators of faecal contamination that are the total coliforms (CT), the faecal coliforms (CF), the faecal streptococci (SF) and spores of the sulphite-reducing *Clostridium* (CSR). The total flora enumerated at 37 and 22°C showed high numbers contents in both the two streams. The pathogens, *Salmonella sp* and *Vibrio cholerae*, were also studied during this survey but have not been discovered in the waters of the two streams. The bacterial contamination follows an increasing gradient from the upstream toward the downstream of both the two streams and presents also seasonal variations with a maximum during the summer. The comparison of the two streams showed that Boufekrane's waters contain clearly more bacteria than Ouislane's ones.

Keywords: stream, faecal pollution, spatial and seasonal variations, Boufekrane, Ouislane.

Introduction

Au cours des dernières décennies, diverses activités anthropogéniques ont généré des déséquilibres sérieux des écosystèmes aquatiques. Dans les pays en voie de développement, la prise de conscience de l'importance de la salubrité environnementale est relativement récente. Plusieurs travaux, menés dans ces pays, révèlent l'atteinte de niveaux de dégradation inquiétants, notamment au niveau des eaux de surface (Fekhaoui, 1990; Mathuthu et *al.*, 1993; Chahlaoui, 1996).

Sur le plan bactériologique, le problème majeur demeure dans l'introduction, dans les écosystèmes aquatiques, d'espèces bactériennes polluantes entraînant des perturbations environnementales et des risques sanitaires importants. Universellement, la pollution bactériologique de l'eau est évaluée par la recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale dont la présence en nombre élevé indique une pollution d'origine fécale et la présence probable de microorganismes pathogènes (Burton et *al.*, 1987).

Dans la présente étude, nous caractérisons, de manière comparative, la qualité bactériologique des eaux de deux oueds de la ville de Meknès: Boufekrane et Ouislane, par la recherche des indicateurs de contamination fécale et des germes pathogènes Salmonelles et Vibron cholérique. Le choix de l'étude des eaux de ces deux oueds repose sur leur rôle majeur dans l'irrigation des produits maraîchers dans des surfaces importantes. Faute de station d'épuration, ces deux cours d'eau constituent des milieux récepteurs des effluents des eaux usées domestiques et industrielles lors de leur passage dans la ville. Des études antérieures ont été focalisées sur la dégradation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Chahlaoui, 1996), cependant, l'étude d'autres cours d'eau de la même ville n'a pas été rapportée. L'objectif de notre travail consiste donc à évaluer l'état de pollution bactériologique de l'oued Boufekrane, tout en le comparant avec un autre oued de la même ville, l'oued Ouislane, soumis à des facteurs de pollution semblables.

Matériel et méthodes

-Zone d'étude et stations de prélèvement

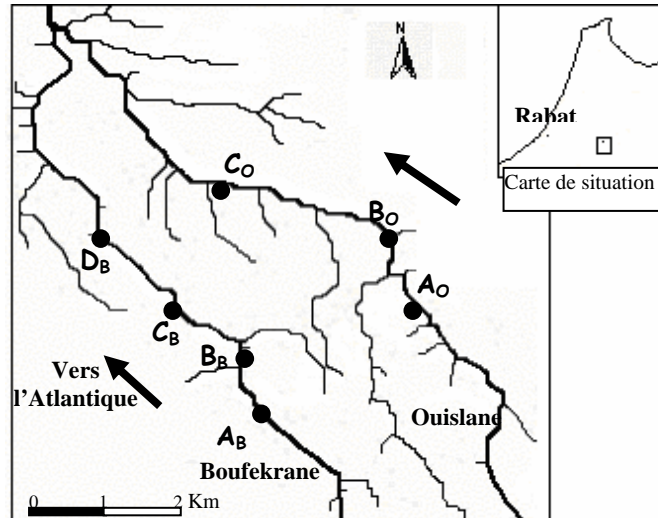


Fig. 1- Carte de situation de la zone d'étude et représentation des stations d'échantillonnage sur les deux oueds Boufekrane et Ouislane

La ville de Meknès se situe au nord du Maroc, c'est une préfecture urbaine placée sur un plateau au nord-ouest du Moyen Atlas. L'oued Boufekrane traverse la ville au milieu et l'oued Ouislane la parcourt à l'Est avant de rejoindre le Boufekrane en aval.

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

- ❖ La station A_B : elle est située à l'entrée de la ville, près de l'Office National d'Electricité installé à la cité Sidi Bouzekri constituant une zone industrielle ;
- ❖ La station B_B : abrite près de la cité Zehoua qui connaît une densité urbaine en pleine extension ;
- ❖ La station C_B : se trouve dans une zone urbaine particulièrement dense ;
- ❖ La station D_B : se situe à la sortie de la ville renfermant plusieurs installations industrielles artisanales et recevant la majeure partie des eaux usées domestiques.

Sur l'oued Ouislane (Figure1), nous avons retenu trois stations jugées représentatives de l'amont vers l'aval :

- ❖ La station A_O : se situe à proximité d'une usine de ciment ;
- ❖ La station B_O : se trouve au voisinage de Ain Keneb et reçoit les effluents industriels et domestiques de la zone ;

- ❖ La station C₀: elle est située dans la zone Machrâa Ben Hlima et qui reçoit les rejets domestiques des cités, à population dense, placées à l'est de la ville.

-Echantillonnage et analyse microbiologique

Des prélèvements mensuels sont régulièrement effectués au niveau des stations choisies durant la période allant du mois de juin 1999 au mois de juin 2000 (à raison de 13 prélèvements par station ; soit un total de 91 prélèvements).

Le dénombrement de la flore totale est effectué à 22°C et 37°C (FT22°C et FT37°C), l'énumération des bactéries indicatrices de contamination fécale: Coliformes Totaux (CT), Coliformes Fécaux (CF), Streptocoques Fécaux (SF) et Clostridium Sulfito-Réducteurs (CSR), ainsi que la recherche des germes pathogènes salmonelles et Vibrions cholériques ont été réalisées selon les techniques décrites par Rodier (1978). Pour tous les groupes de germes étudiés, nous avons procédé à 3 répétitions d'ensemencement.

-Analyse statistique

La variabilité observée entre stations et saisons est étudiée par l'analyse de la variance. Nous avons procédé au test de Duncun dans les cas où l'analyse de la variance a révélé des différences significatives. Ces analyses ont été effectuées par le logiciel STATISTICA (1997).

Résultats

- Variation de la flore totale et des germes indicateurs de contamination fécale

La variation de la charge bactérienne dans les eaux des deux oueds a été étudiée en fonction de deux paramètres: un facteur temps représenté par les saisons et un facteur espace représenté par les différentes stations de prélèvement situées sur les deux oueds.

- Variation spatiale

Les variations des nombres de bactéries dans les différentes stations, situées sur les deux oueds Boufekrane et Ouislane, sont représentées dans la figure 2. Pour tous les groupes de germes dénombrés, les résultats de l'analyse de la variance montrent des différences très significatives. Ces différences significatives sont confirmées par la comparaison multiple des moyennes au seuil de 5% utilisant le test de Duncun qui révèle, par ailleurs, un gradient croissant de l'amont vers l'aval des deux oueds, pour tous les groupes de germes étudiés.

Les moyennes des charges bactériennes les plus basses, sur l'oued Boufekrane, sont notées au niveau de la station amont A_B: elles sont de $1,2 \cdot 10^5$; $2,4 \cdot 10^4$; $1,5 \cdot 10^4$; $1,6 \cdot 10^3$; 4,6

10^5 et $4,9 \cdot 10^5$ (UFC)/100ml respectivement pour les CT, les CF, les SF, les CSR, la FT37°C et la FT22°C. Ces moyennes s'élèvent à la station aval D_B à $5,2 \cdot 10^5$; $1,03 \cdot 10^5$; $7,9 \cdot 10^4$; $2,8 \cdot 10^3$; $2,3 \cdot 10^6$ et $3,4 \cdot 10^6$. De même, au niveau de l'oued Ouislane, les concentrations bactériennes, notées au niveau de la station amont A_O, qui sont de $2,0 \cdot 10^4$; $8,6 \cdot 10^3$; $1,6 \cdot 10^3$; $4,9 \cdot 10^2$; $1,5 \cdot 10^5$ et $2,8 \cdot 10^5$ UFC/100ml augmentent de manière significative, à la station aval C_O, à des moyennes de $7,7 \cdot 10^4$; $2,4 \cdot 10^4$; $7,8 \cdot 10^3$; $1,3 \cdot 10^3$; $4,4 \cdot 10^5$ et $5,1 \cdot 10^5$ UFC/100ml respectivement.

Sur la figure 2 on observe que la station amont A_O de l'oued Ouislane est la moins chargée en bactéries, pour tous les groupes de germes dénombrés, formant ainsi une station distincte des autres. Les concentrations les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station D_B située en aval de l'oued Boufekrane, exception faite pour les CF et SF pour lesquels la différence ne semble pas être importante avec la station C_B. La station C_O située en aval de l'oued Ouislane renferme des charges bactériennes qui sont soit inférieures (CT et SF) ou similaires (CF, CSR, FT37°C et FT22°C) à celles notées au niveau de la station A_B. Il en ressort que la station aval, la plus détériorée de l'oued Ouislane, est comparable à la station amont, la moins polluée de l'oued Boufekrane.

- Variation temporelle

Dans le tableau I on résume les résultats de l'analyse de la variance pour tous les groupes de germes étudiés en fonction des saisons pour les deux oueds Boufekrane et Ouislane. L'analyse de la variance montre que la charge bactérienne varie de manière très importante entre les saisons (La valeur du p étant $<0,001$). Les charges bactériennes les plus élevées sont enregistrées pendant la saison la plus chaude et les plus basses sont notées au cours de la saison la plus froide (Test de Duncun).

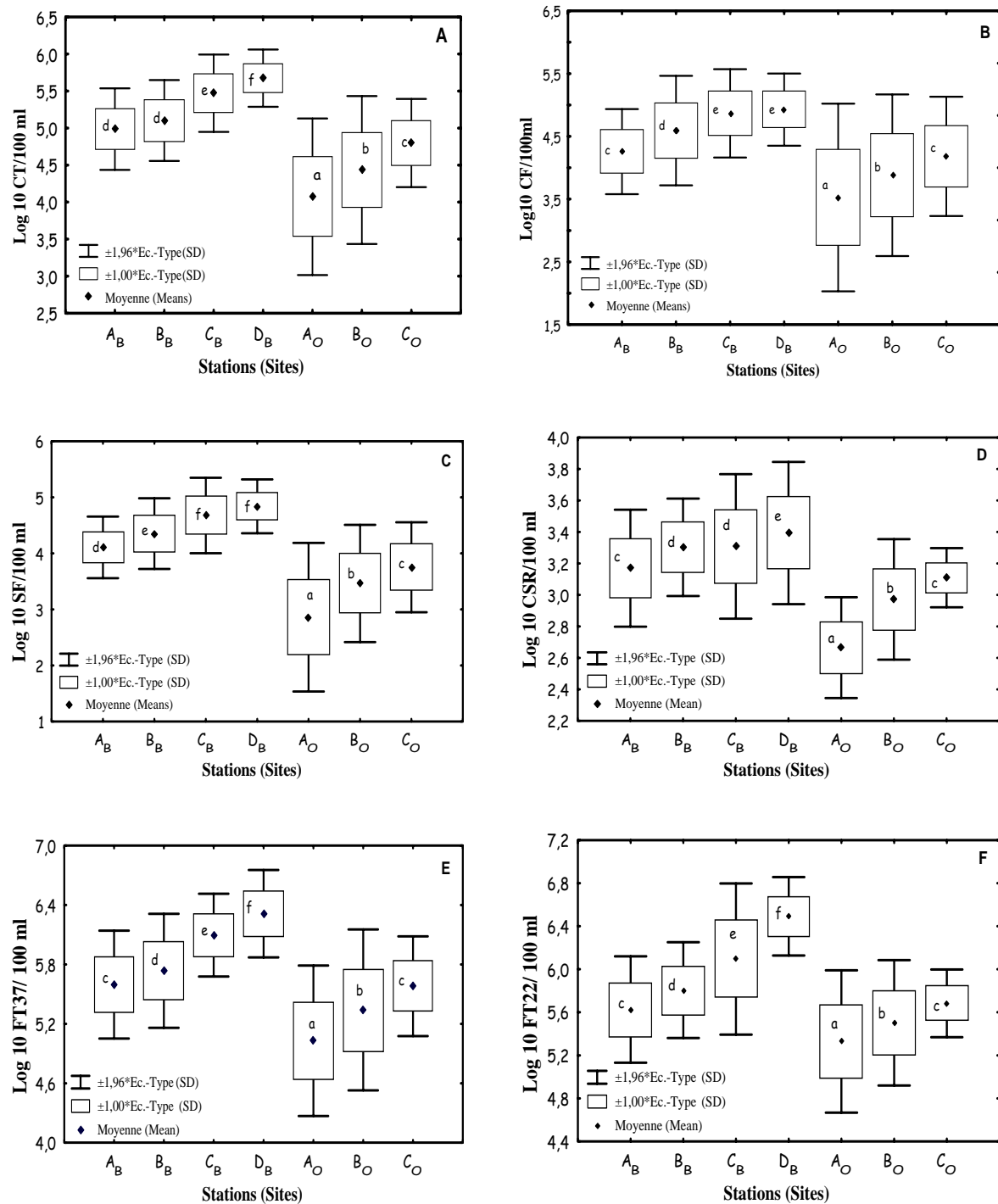


Figure 2. Comparaison spatiale (en confondant les mois) des moyennes en coliformes totaux (A), coliformes fécaux (B), streptocoques fécaux (C), anaérobies sulfito-réducteurs (D), flore totale à 37°C (E) et flore totale à 22°C (F) au niveau des différentes stations retenues sur les deux oueds Boufekrane et Ouislane. Les lettres distinctes désignent des différences au seuil de probabilité 5% (test de Duncun).

Tableau I. Variation temporelle (en confondant les stations), au niveau des deux oueds Boufekrane et Ouislane, des divers groupes de bactéries dénombrés, leurs moyennes et écart-types et les valeurs de F affectées de leurs niveaux de signification p. Les chiffres accompagnés de lettres distinctes dans chaque ligne sont différents au seuil de probabilité 5% (test de Duncun).

Oued	log ₁₀ de bactéries par 100ml	Saisons				F	p
		Eté	Automne	Hiver	Printemps		
Boufekrane	CT	5,28 ^c ± 0,43	4,94 ^b ± 0,48	4,46 ^a ± 0,73	4,94 ^b ± 0,58	25,94	<0,001
	CF	5,11 ^c ± 0,36	4,76 ^b ± 0,40	4,27 ^a ± 0,43	4,77 ^b ± 0,47	32,61	<0,001
	SF	4,42 ^c ± 0,55	4,05 ^b ± 0,63	3,45 ^a ± 0,87	3,97 ^b ± 0,73	23,91	<0,001
	CSR	3,30 ^c ± 0,26	3,16 ^b ± 0,28	2,89 ^a ± 0,22	3,11 ^b ± 0,25	31,66	<0,001
	FT37°C	5,98 ^c ± 0,35	5,72 ^b ± 0,44	5,25 ^a ± 0,52	5,63 ^b ± 0,41	35,69	<0,001
	FT22°C	6,06 ^c ± 0,35	5,83 ^b ± 0,39	5,43 ^a ± 0,44	5,76 ^b ± 0,38	31,59	<0,001
Ouislane	CT	4,86 ^c ± 0,24	4,54 ^b ± 0,38	3,77 ^a ± 0,51	4,42 ^b ± 0,37	43,68	<0,001
	CF	4,46 ^c ± 0,18	4,00 ^b ± 0,44	2,95 ^a ± 0,45	3,84 ^b ± 0,58	65,85	<0,001
	SF	3,88 ^c ± 0,28	3,52 ^b ± 0,47	2,56 ^a ± 0,53	3,30 ^b ± 0,53	44,63	<0,001
	CSR	3,06 ^c ± 0,18	2,91 ^b ± 0,21	2,71 ^a ± 0,23	2,94 ^b ± 0,22	14,39	<0,001
	FT37°C	5,69 ^c ± 0,19	5,36 ^b ± 0,29	4,82 ^a ± 0,35	5,28 ^b ± 0,29	50,49	<0,001
	FT22°C	5,78 ^c ± 0,08	5,53 ^b ± 0,20	5,13 ^a ± 0,28	5,48 ^b ± 0,23	54,95	<0,001

- Germes pathogènes

Les germes pathogènes du genre *Salmonella* ainsi que le *Vibrio cholérique* ont été systématiquement recherchés au niveau de toutes les stations sur les deux oueds. Aucun prélèvement ne s'est révélé positif pour les bactéries du genre *Salmonella* ni pour l'espèce *Vibrio cholerae* du groupe sérologique O1 qui est connu être pathogène, cependant, *Vibrio cholerae* non-O1 a été détecté aux mois de juillet dans les stations C_B et D_B et au mois de septembre dans les stations D_B et C_O.

Discussion

- Variation de la flore totale et des germes indices de contamination fécale

La présente étude nous a permis de mettre une corrélation entre le temps et l'espace et la variation de la flore totale ainsi que les bactéries indicatrices de contamination fécale. D'autres travaux ont préalablement souligné des variations spatiales et temporelles dans les eaux de surface (Fernandez-Alvarez *et al*, 1991; Chahlaoui, 1996). Ces auteurs ont constaté que les charges en bactéries aérobies hétérotrophiques et en entérobactéries augmentaient avec la température de l'eau. Par ailleurs, Chahlaoui (1996) a démontré l'existence d'un gradient croissant des charges bactériennes de l'amont vers l'aval du cours d'eau.

La densité de la flore totale énumérée à 22°C est plus élevée que celle dénombrée à 37°C dans les deux oueds. Ceci est probablement dû au fait que les bactéries autochtones sont les composants dominants de la population totale même dans les rivières polluées (Garnier et

al., 1992). Cependant, il faut mentionner qu'une grande proportion des bactéries autochtones, dans les environnements naturels, ne se développent pas sur les milieux de culture et à des températures habituellement utilisées pour l'isolement au laboratoire (Goni-Urriza et al., 1999). Ceci peut expliquer, au moins partiellement, l'affaiblissement du nombre de microorganismes indigènes (22°C) au niveau de l'oued Ouislane. Les déficiences inhérentes à la méthode de culture affectent principalement la détection des germes stressés (Ramaiah et al., 2002). La diminution de la flore indigène peut également être due à la présence de prédateurs bactériens tels que les protozoaires (Servais et al., 1985) comme elle peut être liée aux rejets de produits toxiques d'origine industrielle.

La variation spatiale importante de la charge en bactéries indicatrices de contamination fécale semble être liée au courant de l'eau et à l'effet des rejets domestiques le long des oueds, dont l'impact domine l'effet de dilution apporté par certaines sources d'eau douce. Ces constatations corroborent avec les observations de Hunter et al. (1999) qui ont évoqué l'existence d'une relation causale entre la qualité bactériologique de l'eau qui arrive au cours d'eau et les changements de sa concentration en CF.

Concernant la variation temporelle des bactéries indicatrices de contamination fécale, elle est appuyée par les résultats des travaux de (McDonald et Kay, 1981; Fernandez-Alvarez et al., 1991; Hunter et McDonald, 1991; Chahlaoui, 1996). Les variations saisonnières des bactéries entériques peuvent être en partie expliquées par l'influence des changements des conditions hydro-météorologiques (Hunter et al., 1999). Durant toute la période de l'étude et au niveau de toutes les stations, la concentration en SF est plus faible que celle des CF. Ces résultats, concordent avec les observations d'autres auteurs Fernandez-Alvarez et al., (1991); Chahlaoui, (1996) et Hunter et al., (1999). Ils ont été expliqués par une différence dans le taux de déclin qui est plus rapide chez les SF (Hunter et al., 1999) et qui peut être influencé par les facteurs abiotiques du milieu naturel.

D'autre part, une comparaison avec les résultats de Chahlaoui (1996) sur l'oued Boufekrane, permet de conclure que la qualité bactériologique de l'eau s'est détériorée au cours des années. L'ampleur de la contamination bactérienne fécale des cours d'eau, en particulier pendant les mois d'été, peut constituer un vrai risque sanitaire (Hunter et al., 1999).

- Microorganismes pathogènes

Les bactéries pathogènes *Vibrio cholerae* appartenant au groupe sérologique O1 n'ont pas été détectées, dans les eaux des deux oueds étudiés, rappelant ainsi la constatation dévoilée par Chahlaoui (1996) au niveau de l'oued Boufekrane. Par contre, le vibron

cholérique des groupes sérologiques non O1 a été isolé dans certains échantillons prélevés dans les deux oueds. En effet, les souches non O1 sont plus fréquemment isolées dans les eaux de rivières et d'estuaires que les souches O1 (Colwell et Spira, 1992). *Vibrio cholerae*, y compris les groupes sérologiques pathogènes, est un composant de la flore bactérienne normale des environnements aquatiques (Islam et al., 1994; Colwell, 1996), son absence dans les eaux des deux oueds étudiés, paraît étrange, compte tenu du passé épidémique de la région, le dernier événement ayant sévi en 1995. Cette absence peut être expliquée par l'usage du milieu de culture sélectif couramment utilisé pour l'isolement de *Vibrio cholerae*, agar au thiosulfate, citrate, sels biliaires et saccharose (TCBS) puisque des chercheurs (Robert-Pillot et al., 2002) ont montré qu'il s'est révélé hautement inhibiteur notamment pour les cellules stressées par les conditions défavorables qui les inciteraient à survivre à l'état viable mais non cultivable (VNC).

Pour ce qui est des espèces pathogènes du genre *Salmonella*, elles n'ont pas été détectées dans les eaux des deux oueds. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études au niveau des eaux de surface en dépit de la présence d'une forte charge en bactéries d'origine fécale (Galès et Baleux, 1992; Chahlaoui, 1996; Schaffter et Parriaux, 2002). En revanche, la présence de salmonelles en absence de germes indicatrices de contamination fécale a été mentionnée dans certains travaux (Galès et Baleux, 1992). Conséquemment à l'absence de corrélation entre les salmonelles et les indicateurs de contamination fécale, dans des eaux de rivière, la fiabilité des normes basées sur les indicateurs à prédire la présence des salmonelles est encore discutée (Polo et al., 1998; Lemarchand et Lebaron, 2002).

- Comparaison des deux oueds

La comparaison des deux oueds, sur la base du contenu en germes totaux et en bactéries indicatrices de contamination fécale, montre que l'oued Boufekrane dissimule une charge bactérienne beaucoup plus importante que celle notée au niveau de l'oued Ouislane. Ceci pourrait indiquer une pollution modérée de ce dernier ; mais cette conclusion demeure discutable du fait que l'oued Ouislane est également soumis à des sources de pollution via plusieurs rejets de la ville. En fait, il a été démontré que les eaux usées peuvent contenir divers agents antimicrobiens (Hirsch et al., 1999) qui ont la possibilité d'attaquer les bactéries sensibles (Al Ahmad et al., 1999). Il est possible que les eaux de l'oued Ouislane soient plus exposées à ces facteurs, à travers la nature des rejets qu'elles reçoivent. La création de conditions défavorables peut inciter les germes, y compris les bactéries entériques, à survivre à l'état VNC (Pruzzo et al., 2002) dont l'existence est encore débattue (Bogosian et al., 1998).

Néanmoins, une de ses répercussions importantes est que les méthodes basées sur la culture bactérienne ne sont probablement pas suffisantes pour la surveillance de la qualité microbiologique de l'environnement et conséquemment pour la protection de la santé humaine (Huq et al., 2000).

- Conclusion

Lors de leur passage dans la ville de Meknès, les eaux des oueds : Boufekrane et Ouislane atteignent des concentrations importantes en bactéries indicatrices de contamination fécale. Ces densités, plus élevées au niveau de l'oued Boufekrane, sont sujettes à des variations spatiotemporelles importantes.

Malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale, les germes pathogènes du genre Salmonella ainsi que le Vibriion cholérique, n'ont pas été détectés au niveau des eaux des deux oueds. L'existence probable de ces germes à l'état viable mais non cultivable constituerait un risque particulier du fait que les bactéries survivant à cet état ne sont pas détectables par les techniques de culture classique. Ceci remettrait en question la fiabilité de ces méthodes pour la protection de l'environnement et de la santé.

Les eaux des oueds Boufekrane et Ouislane sont utilisées à des fins agricoles, et permettent d'autres usages ménagers au profit de la population riveraine, ce qui constitue un risque sanitaire pour les usagers et les consommateurs. Donc, l'épuration des eaux usées avant leur évacuation dans les oueds s'avère une nécessité urgente.

Références bibliographiques

- Al Ahmad A., Daschner F.D. et Kümmerer K.(1999). Biodegrad ability of cefotiam, ciprofloxacin, meropenem, penicillin G, and sulfamethoxazole and inhibition of waste water bacteria. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37 : 158-163.
- Bogosian G., Morris P.J.L. et O'Neil J.P. (1998). A mixed culture recovery method indicates that enteric bacteria do not enter the viable but non culturable state. *Appl. Environ. Microbiol.* 64 (5) : 1736-1742.
- Burton J.A. Gunnison D. et Lanza C.R. (1987). Survival of pathogenic bacteria in various freshwater sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 53 : 633-638.
- Chahlaoui A. (1996). Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Meknès. 234 p.
- Colwell R.R. et Spira W.M.(1992). The ecology of Vibrio cholerae .in *Cholera* Barua D. and Greenough III W.B.,Eds., Plenum, New York, 107-127.

- Colwell R.R. (1996). Global climate and infectious disease: The cholera paradigm. *Science* 274 : 2025-2031.
- Fekhaoui M. (1990). Recherches hydrobiologiques sur le Moyen Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès: suivi d'une macro-pollution et évaluation de ses incidences sur les composantes de l'écosystème. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Rabat. 173 p.
- Fernandez-Alvarez, R.M., Carballo-Cuervo S., De la Rosa-Jorge M.C. et Rodriguez-De Lecea J. (1991). The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river. *J. Appl. Bacteriol.* 70 : 437-442.
- Galès P. et Baleux B. (1992). Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (Salmonella) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon-France) and the survival of this bacteria in brackish water. *Water Sci. Technol.* 25 : 105-114.
- Garnier J., Servais P. et Gilles B., (1992). Bacterioplankton in the Seine river (France): Impact of the Parisian urban effluent. *Can. J. Microbiol.* 38 : 56-64.
- Goñi-Urriza M., Capdepuy M., Raymond N., Quentin C., et Caumette P. (1999). Impact of an urban effluent on the bacterial community structure in the Arga River (Spain), with special reference to culturable Gram-negative rods. *Can. J. Microbiol.* 45 (10) : 826-832
- Hirsch R, Ternes T, Haberer K et Kratz KL. (1999). Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Sci. Total Environ.* 225 : 109–118.
- Hunter C. et McDonald A. (1991) Seasonal changes in the sanitary bacterial quality of water draining a small upland catchment in the Yorkshire Dales. *Water Res.* 25 (4) : 447-453.
- Hunter C., Perkins J., Tranter J. et Gunn J. (1999). Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the U.K. *Water Res.* 33 (17): 3577-3586.
- Huq A., Rivera I.N.G., et Colwell R.R. (2000). Epidemiological significance of viable but non culturable microorganismes *in*: Nonculturable microorganismes in the environment. Colwell R.R., Grimes D.J. Ed Washington D.C.: A.S.M. Press, 301-323.
- Islam M.S., Drasar B.S. et Sack R.B. (1994). The aquatic flora and fauna as reservoirs of *Vibrio cholerae* :a review. *J. Diarrh. Dis.* 12 : 87-96.
- Lemarchand K. et Lebaron P. (2002). Occurrence of *Salmonella* spp. And *Cryptosporidium* spp. In a French coastal watershed: relationship with fecal indicators. *FEMS Microbiol. Letters* 10775 : 1-7.
- Mathuthu A.S., Zaranyika F.M. et Jonnalagadda S.B. (1993). Monitoring of water quality in upper Mukuvisi river in Harare, Zimbabwe. *Environ. Int.* 19 : 51–61.

- McDonald A.T. et Kay D. 1981. Enteric bacterial concentrations in reservoir feeder streams: base flow characteristics and response to hydrograph events. *Water Res.* 15: 961-68.
- Polo F., Figueras M.J., Inza I., Sala J., Fleisher J.M. et Guarro J. (1998). Relationship between presence of *Salmonella* and indicators of faecal pollution in aquatic habitats. *FEMS Microbiol. Letters.* 160 : 253-256.
- Pruzzo C., Tarsi R., Lleo M.M., Signoretto C., Zampini M., Colwell R.R et Canepari P. (2002). In Vitro Adhesion to Human Cells by Viable But Nonculturable *Enterococcus faecalis*. *Current Microbiol.* 45 : 105–110.
- Ramaiah N., Kenkre V.D. et Verlecar X.N. (2002). Marine environmental pollution stress detection through direct viable counts of bacteria. *Water Res.* 36 : 2383-2393.
- Robert-Pillot A., Baron S., Lesne J., Fournier J.M. et Quilici M.L. (2002). Improved specific detection of *Vibrio cholerae* in environmental water samples by culture on selective medium and colony hybridization assay with an oligonucleotide probe. *FEMS Microbiol. Ecol.* 40 : 39-46.
- Rodier J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Bordas, 6^{ème} éd. Paris.1136 p.
- Schaffter N. et Parriaux A. (2002). Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. *Water Res.* 36 (1) : 131-139.
- Servais P., Billen G. et Rego J.V. (1985). Rate of bacterial mortality in aquatic environments. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (6) : 1448-1458.
- Statistica (1997). Version 5, 97 éd. Software copyright StatSoft, Inc., 1984-1997.