

Etude biotypologique de l'Oued Boufekrane - Maroc

A. Chahlaoui*, M. Ramdani**, A. Zaid*

Key words: Boufekrane river - Hydrobiology - Bacteriology - Contamination - Morocco.

Résumé

Les eaux de l'Oued Boufekrane ont été analysées mensuellement au niveau de neuf stations entre juin 1992 et mai 1993, pour les paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Les teneurs observées ont montré un milieu qui subit des variations irrégulières, un enrichissement en sels nutritifs, de l'amont vers l'aval, principalement en matières organiques et des teneurs assez importantes en indices de contaminations fécales. Par ailleurs, les influences des rejets du centre Boufekrane et celui de la ville de Meknès conditionnent la qualité des eaux superficielles de ce système.

Summary

Boufekrane river water has been analysed monthly at nine sites from June 1992 to May 1993. Physico-chemical and microbial parameters have been measured.

The observed concentrations have shown irregular variations, an increase in nutritious substances (primarily organic matters), from upstream to downstream, and high contents in fecal contamination indicators. Moreover, surface water quality is influenced by the effluents coming out of the town of Boufekrane and of Meknes city.

Introduction

Les ressources en eau au Maroc sont assez faibles, et par conséquent toute dégradation de leur qualité ne manquera pas d'avoir des incidences néfastes sur leur utilisation. Déjà, les principales rivières, notamment les oueds Oum ErRabia, Sebou et Moulouya, dont les eaux sont largement utilisées par l'alimentation en eaux potable et industrielles et pour l'irrigation, connaissent des degrés de pollution assez forts pendant l'étiage; leurs débits sont trop faibles pendant cette période critique pour permettre une bonne autoépuration.

Les premières études écologiques consacrées aux cours d'eau marocains se sont intéressées à l'aspect biotypologique (4,5), sur le haut Sebou au moyen Atlas; sur le Bou Regreg dans le plateau central (6) et sur l'Ourika dans le haut Atlas (9). Ainsi, quelques généralisations à l'échelle marocaine ont été envisagées et des conclusions synthétiques, quant à la caractérisation écologique des eaux courantes sud-méditerranéennes, ont été tirées, le trait dominant de ces cours d'eau étant la grande pauvreté de leurs peuplements.

L'intérêt porté à l'oued Boufekrane s'est récemment accru en raison de l'ampleur de la pollution de ses eaux qui reçoivent les égouts de toute l'agglomération des centres ruraux et de la ville de Meknès. L'oued Boufekrane a été choisi surtout par son importance historique, écologique et économique, ainsi, qu'en raison du nombre réduit de recherches disponibles sur son environnement (2,11). Sans prétendre qu'il soit tout à fait un échantillon représentatif des oueds marocains. Ce réseau s'ajoutera et aidera à la compréhension de l'écologie des écosystèmes lotiques maghrébins et contribuera à améliorer nos connaissances sur les eaux courantes méditerranéennes. Peuplée par plus de 600.000 habitants, la ville de

Meknès rejette directement ses déchets dans le cours d'eau. A cela, il faut ajouter les déchets d'origine industrielle qui arrivent dans l'Oued sans aucun traitement préalable.

Sur l'ensemble des établissements industriels de Meknès, il n'y en a que 7 générant des effluents qui, dans leur état actuel, sont incompatibles avec une utilisation agricole normale:

- deux tanneries: Manucuire et tanneries du Nord;
- une conserverie des moulins de Meknès;
- le chais de Meknès vins;
- deux stations de traitements de surface: SIBOM et PNF;
- une huilerie de Meknès;
- des huileries traditionnelles.

Notre étude a pour objectif l'acquisition des données sur la typologie de cette eau et sur ses qualités. L'étude tente d'une part de dégager l'évolution spatio-temporelle des principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques et d'autre part d'évaluer le degré de pollution de l'Oued Boufekrane.

Milieu étudié

L'Oued Boufekrane est un cours d'eau permanent du Moyen Atlas (Figure 1). Il prend sa source à 740 m d'altitude: Aïn Maâruf, s'écoule dans la plaine agricole du plateau de Meknès et passe par la commune de Boufekrane, à qui il doit son nom, à 15 km de la source. Ensuite, à 34 km en aval, l'oued traverse la vallée séparant la ville ancienne et la ville nouvelle de l'agglomération de Meknès. Au nord, l'Oued Boufekrane rejoint l'Oued Ouislane et Bou Isshak pour former l'Oued R'Dom.

* Département de Biologie, Faculté des sciences de Meknès, Maroc.

** Département de Zoologie, Institut scientifique de Rabat, Maroc.

Adresse de contact: Département de Biologie, Faculté des sciences, B.P. 4010, Béni M'hamed Zitoune, Meknes, Maroc.

Reçu le 23.01.95 et accepté pour publication le 13.10.95.

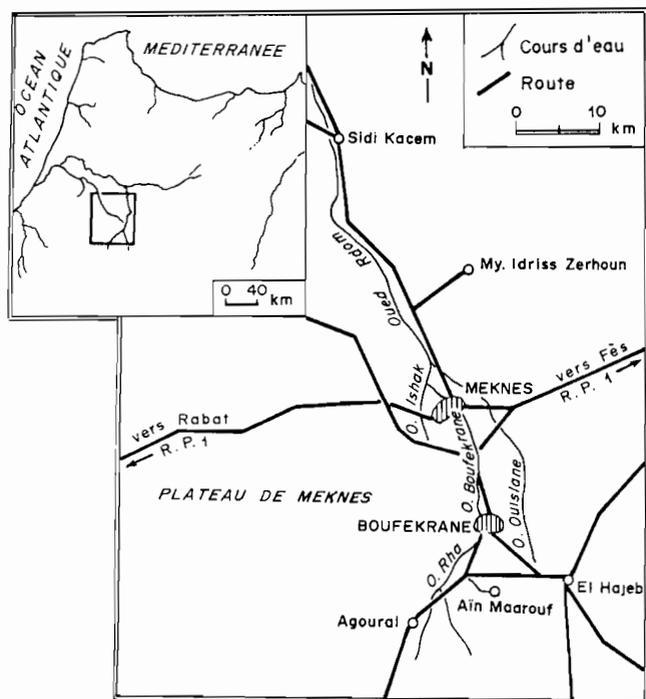


Figure 1 Localisation géographique de l'Oued Boufekrane.

La pente générale est sud-est/nord-ouest. L'altitude varie de la cote 740 NGM: sources d'Aïn Maârouf, à la cote 400 NGM: Fekharine, soit une dénivellation de 340 mètres entre deux régions situées à 34 km de distance; donnant une pente de 10 %. Au niveau de la ville de Meknès, cette pente est de l'ordre de 2 %.

Situation des stations

Nous avons retenu six stations: S1, S2, S3, S4, S5 et S9, sur le lit de l'oued Boufekrane et trois stations: S6, S7 et S8, au niveau de la ville de Meknès, sur les dérivations de l'Oued utilisées à des fins agricoles: jardins maraîchers... etc. (Figure 2).

Station 1 (S1): est située à 740 mètres d'altitude, représentant la source de l'Oued Boufekrane: Aïn Maârouf. L'eau sort des gros blocs de rochers. Le fond est constitué de gravier grossier. Il y a peu de végétation aquatique.

Station 2 (S2): est située à 728 mètres d'altitude, à 7 kilomètres de la source, à l'amont du centre Boufekrane. Cette station est choisie afin d'évaluer les apports du bassin versant avant d'entrer au centre Boufekrane.

Station 3 (S3): est située à 680 mètres d'altitude, à 17 kilomètres de la source, en aval de la commune de Boufekrane; choisie pour détecter l'influence des apports du bassin versant et des rejets urbains, le substrat est à faciès détritique.

Au niveau des stations S2 et S3, la végétation est peu différente de celle de la S1.

Station 4 (S4): est située à 580 mètres d'altitude, à 25 kilomètres de la source, près de la cité Sidi Bouzekri (ONE), dans une vallée étroite à proximité d'un douar dont les rejets peuvent influencer la qualité de l'eau;

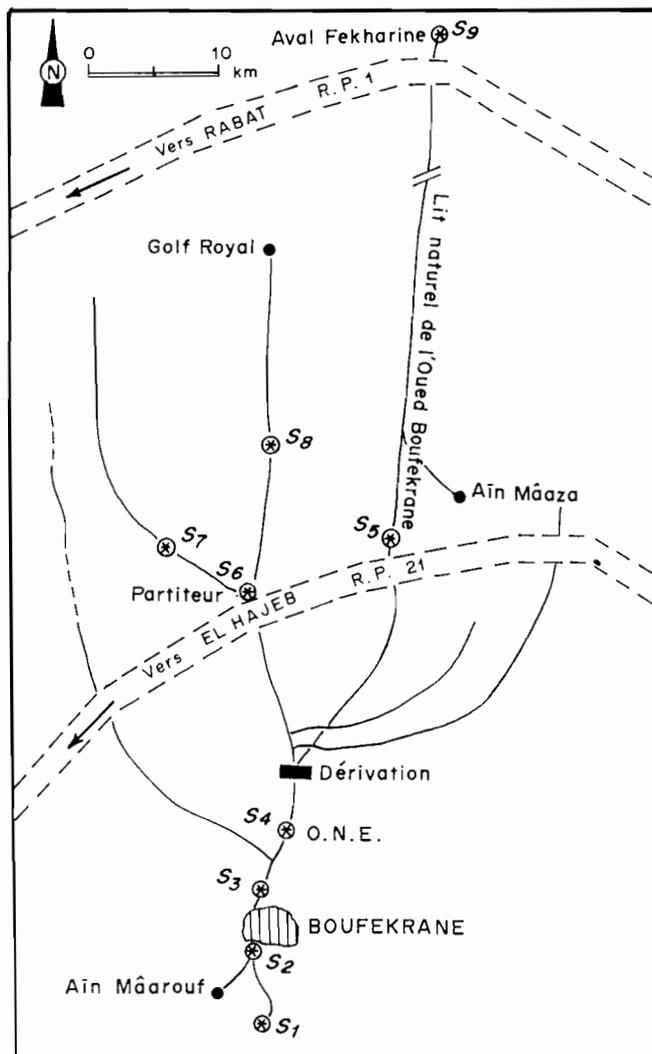


Figure 2. Situation des stations au niveau de l'Oued Boufekrane.

et inversement, la contamination de l'eau pourra avoir un impact sur la santé de la population.

Au niveau de ce secteur commence la dérivation de l'oued, en seguias, vers les stations S6, S7 et S8.

Station 5 (S5): située à 540 mètres d'altitude et à 26 kilomètres de la source, près de la cité Ezzahwa. Le substrat est à calcaire lacustre et à faciès détritique. Le lit de l'oued dévié (segua) est étroit et environné d'une végétation abondante. L'envasement est important avec un encroûtement noir du substrat.

Station 6 (S6): située à 560 mètres d'altitude et à 26,50 kilomètres de la source. La végétation est abondante. Cette segua permettra de détecter la qualité de l'eau qui servira pour l'irrigation des jardins maraîchers... etc.

Station 7 (S7): située à 560 mètres d'altitude et à 28 kilomètres de la source, près de la Faculté des sciences. Cette dérivation est appelée encore Segua Zitoun. Le fond est sablo-vaseux, dépourvu de végétation.

Station 8 (S8): située à 525 mètres d'altitude et à 31

kilomètres de la source. Ce secteur représente le lac Sahrij Souani, recevant les eaux de la dérivation de la station 6. La végétation est dispersée sur le bord. La profondeur est variable (importante).

Station 9 (S9): située à 400 mètres d'altitude et à 34 kilomètres de la source, à proximité du pont Fekharine où il y a le grand déversement des égouts de la ville de Meknès. Le fond est sablo-vaseux, encombré par des débris de la décharge. La végétation aquatique est peu abondante.

Données climatiques

Au niveau de Meknès, la pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 600 millimètres. Les températures moyennes mensuelles sont de l'ordre de 3,9 à 14,9°C en hiver et 16,6 à 34,3°C en été.

Les valeurs α du quotient pluviométrique d'Emberger, montrent que le cours d'eau étudié se situe dans un étage bioclimatique semi-aride, à la limite inférieure du sub-humide, avec un hiver tempéré et pluvieux, correspondant à la période des hautes eaux et un été sec correspondant à l'étiage (7).

Matériel et méthodes

La période de prélèvement s'étale de juin 1992 jusqu'en mai 1993, avec une fréquence mensuelle.

Les données morphodynamiques ont été obtenues du service eau des Travaux publics de Meknès.

Certains paramètres physico-chimiques ont été évalués sur le terrain, au moment des prélèvements: pH, température, conductivité et turbidité. Les autres paramètres sont effectués immédiatement au laboratoire.

Les analyses bactériologiques se limitent aux dénombrements des germes mésophiles aérobies, les indices de contaminations fécales, les germes salmonelles et vibrions cholériques.

Les techniques de prélèvements et d'analyses sont celles décrites précédemment (1,10).

Caractéristiques morphodynamiques

Les résultats obtenus au cours du mois de juin 1992 (Tableau 1), montrent que le débit est d'abord faible au niveau de la source (186l/s), puis atteint environ le double à la station 2. Cette augmentation est due aux apports de nombreuses autres sources qui se situent après la S1.

Tableau 1: Situation des stations étudiées et caractères morphodynamiques:

Stations	Largeur du lit (m)	Profondeur (m)	Débit (l/s)
1	1,9	0,2	186
2	4	0,3	320
3	5	0,2	276
4	4	0,3	131,6
5	2	0,3	126,4
6	2,1	0,5	21
7	0,5	0,5	53,2
8	-	-	15
9	4	0,5	205

En aval, les fluctuations observées sont dues à l'alimentation provenant des seguias ou à l'apport des sources ou d'effluents polluants (égouts...).

Résultats:

Etude des paramètres physico-chimiques

La température:

Les températures de l'eau au niveau de l'Oued Boufekrane, sont caractérisées par:

- des valeurs faibles de l'ordre de 12°C, marquant la période froide de l'année;
- des valeurs de l'ordre de 20°C, marquant la période printanière et automnale, annoncées par le réchauffement et le refroidissement progressifs,
- des valeurs élevées de l'ordre de 25°C durant l'été.

Les fluctuations observées sont dues au climat, aux apports des sources ou aux rejets des agglomérations (Figure 3).

Le pH:

Au niveau de l'Oued Boufekrane, les valeurs varient d'une façon irrégulière. A l'exception des pH obtenus les mois de juillet 92 (pH = 6,4) et de novembre 92 (pH = 6,0), l'effet d'incrustance (pH < 6,4) ou de corrosion (pH > 8,5) n'est pas senti dans le milieu; ce qui expliquerait la productivité des espèces animales et végétales (Figure 3).

Le pH légèrement alcalin serait le résultat de l'utilisation du CO₂ lors de la photosynthèse qui s'accompagne de la précipitation des carbonates insolubles.

La conductivité électrique:

Les valeurs varient de 580 à 1000 μ mhos/cm à 20°C (Figure 3). En général, la conductivité croît progressivement et d'une façon lente de l'amont vers l'aval (S8) de l'Oued Boufekrane; l'écart devient significatif à la S9 où la minéralisation est plus forte. Cette évolution est à rapprocher des variations d'un certain nombre de paramètres fondamentaux comme l'altitude (rupture brusque de la pente), le débit et l'indice de pollution.

Les chlorures:

Les valeurs de la chlorosité se situent entre 35,5 et 268,0 mg/l (Figure 3). Sur le lit de l'Oued, on constate un gradient croissant amont-aval. Une augmentation des chlorures est notée en été et en automne correspondant à la période d'étiage. Les valeurs élevées sont des indices d'une pollution rurale et urbaine particulière concordant avec celles déjà obtenues (8).

La dureté totale:

Les valeurs se situent entre 12,8 et 62,3°F (Figure 3). La dureté totale varie d'une façon irrégulière d'une station à une autre. On note une élévation progressive de l'amont vers l'aval, ceci pourrait être dû à la présence des terrains calcaires lacustres en aval de la source. Cette augmentation est constatée durant l'hiver et le printemps.

Les sulfates:

En général, les teneurs en sulfates montrent une répartition similaire pour toutes les stations (Figure 4). Cependant, on constate une importante élévation de

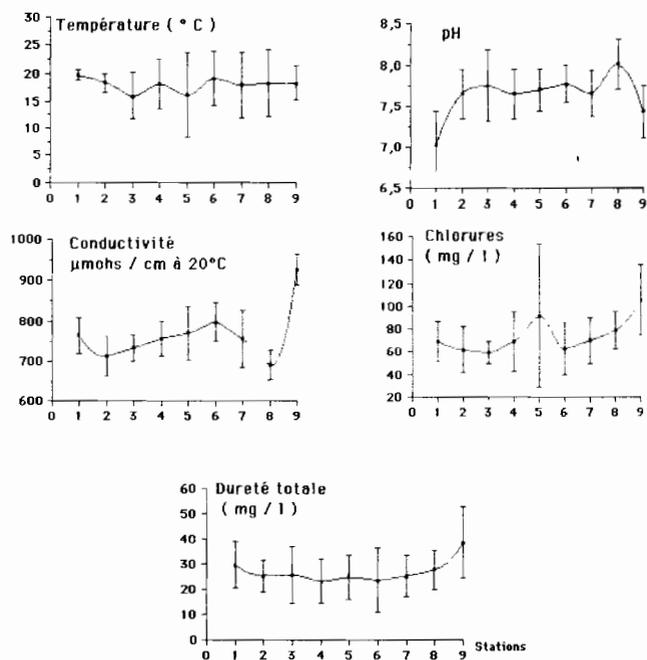


Figure 3. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des paramètres physico-chimiques.

la concentration des sulfates au cours de la période juillet 92-octobre 92. Les valeurs oscillent entre 0,14 et 184,0 mg/l, témoignant de la nature géologique régionale et de la pollution de l'eau.

Les nitrites:

Les valeurs varient entre 0,03 et 4,48 mg/l (Figure 4). La teneur des nitrites croît de l'amont vers l'aval. Cette teneur est élevée au cours de la période d'été et du printemps. Une exception est faite pour la station 9 où les concentrations sont plus importantes en automne. La pollution s'annonce au niveau de la station 3 et atteint un seuil critique à la station 9, du fait des rejets et des apports exogènes.

Les nitrates:

Les teneurs en nitrates sont assez faibles de l'ordre de 0,15 à 4,0 mg/l; excepté les valeurs des stations 5, S6, S7, S8, S9 au cours du mois de juin 92. Cependant, on remarque que les nitrates ont des taux assez importants, comme celui des matières en suspension, témoignant ainsi de l'importance de la pollution organique liée aux rejets domestiques et des usines agro-alimentaires de cette ville (Figure 4).

Les phosphates:

Le long de l'Oued Boufekrane, nous avons relevé des teneurs en phosphates qui s'échelonnent entre 0 et 2,26 mg/l, la valeur maximale se situe en aval (Figure 4), les changements de concentrations sont dus à l'arrivée d'effluents polluants, à l'apport des détergents et à l'usage des engrais phosphatés, le cours inférieur, étant un «égout à ciel ouvert». D'après des propositions de classes d'interprétations (8), l'eau est très peu productive.

L'oxygène dissous:

Les teneurs en oxygène dissous varient entre 2,4 et 9,46 (Figure 4). Les valeurs les plus élevées sont

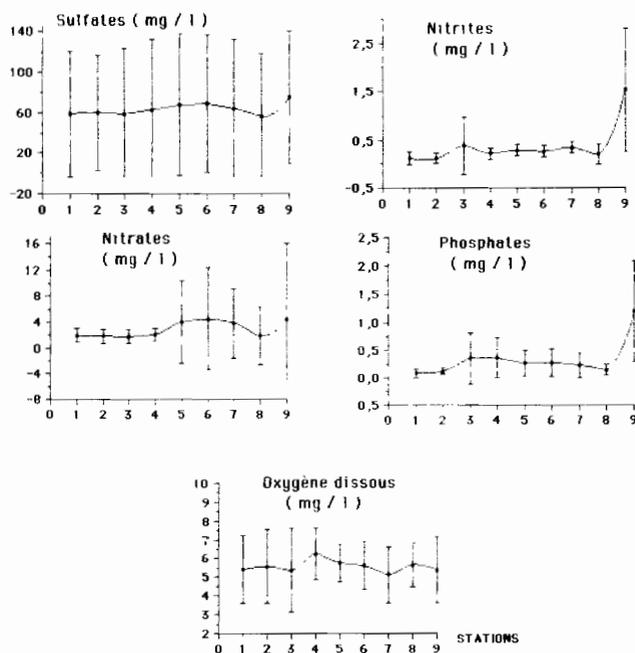


Figure 4. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des paramètres physico-chimiques (Suite).

observées au cours de la période d'automne, d'hiver et peu au printemps.

En amont du centre de Boufekrane, la situation est bonne, correspondant à la zone catharobe ou oligosaprobe.

L'accroissement de la concentration d'oxygène dissous, au niveau de la station aval, pourrait être lié à la pente de l'Oued et aux apports des sources (Ain Maâza située près de la station 5).

L'oxydabilité, DBO₅, DCO:

Ces paramètres indicateurs du degré de pollution organique ont une évolution inverse à celle de l'oxygène dissous (Figure 5).

Leurs teneurs sont faibles au niveau de la source. Ensuite, une légère augmentation des valeurs est observée après la sortie de la commune de Boufekrane; ceci pourrait être dû aux polluants déversés par les populations riveraines, notamment les produits d'origine agricole. Les valeurs les plus élevées sont obtenues en aval par suite du déversement des égouts de la ville, ce qui se traduit par la situation dramatique de la qualité de l'Oued (8).

Etude bactériologique

Si les facteurs physiques et chimiques étudiés jusqu'à présent jouent un rôle primordial dans la détermination du degré de pollution, l'évolution géodynamique des masses d'eau et les propriétés les plus importantes de celles-ci aux yeux de l'homme sont liées aux bactéries. Le métabolisme de ces micro-organismes unicellulaires est étroitement lié au milieu ambiant (sels nutritifs, énergie, oxygène, température,...).

L'emploi des indices de contamination fécales comme indicateurs de pollution fécale, plutôt que la recherche d'organismes pathogènes est un principe

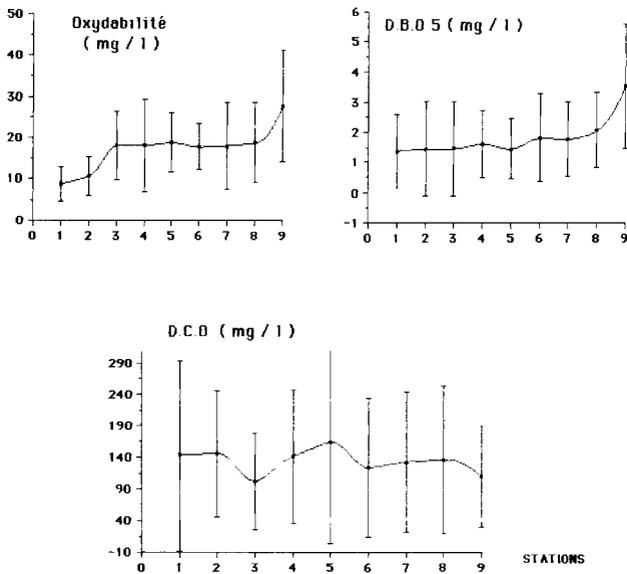


Figure 5: Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des paramètres physico-chimiques (Suite)

admis pour la surveillance et l'évolution de la qualité microbiologique.

Germes totaux:

L'évolution temporelle montre une élévation de ces germes au cours de la période d'été et du printemps. L'élévation de leur teneur de la station 1 à la station 4 et de la station 8 à la station 9, témoigne de l'importance de la pollution organique liée aux rejets domestiques et aux apports du bassin versant (Tableau 2).

De la station 4 à la station 8, on note une stabilisation voire une diminution de la teneur en germes, témoignant de la présence d'un pouvoir auto-épurateur au niveau de cette section de l'Oued.

Tableau 2: Les teneurs minimales, moyennes et maximales des germes totaux par 100 ml:

Stations	Min.	Moy.	Max.
1	Aucun	$8,4 \times 10^5$	10^7
2	800	$1,8 \times 10^5$	10^6
3	1000	$9,3 \times 10^7$	10^9
4	1000	$9,2 \times 10^8$	10^{10}
5	1000	$9,3 \times 10^6$	10^8
6	1000	$9,2 \times 10^5$	10^8
7	1000	$1,8 \times 10^5$	10^7
8	200	$1,8 \times 10^5$	10^6
9	4000	$9,0 \times 10^{10}$	10^{12}

Coliformes totaux:

L'évolution spatio-temporelle des coliformes totaux montre une élévation de leur nombre en été et au printemps et une diminution en automne et en hiver. On note, un gradient croissant amont-aval, témoignant, ainsi, d'un état de pollution qui s'aggrave de l'amont vers l'aval (Tableau 3). Les variations de la teneur en coliformes totaux sont à rapprocher de celles des coliformes fécaux (*E. coli*) et des streptocoques fécaux.

Tableau 3: Les teneurs minimales, moyennes et maximales des Coliformes totaux par 100 ml.

Stations	Min.	Moy.	Max.
1	0	365	800
2	60	508	800
3	200	1150	2000
4	100	1208	4000
5	400	1867	10000
6	200	1400	4000
7	800	2067	8000
8	100	1383	4000
9	1000	4917	10000

Le rapport des coliformes fécaux sur streptocoques fécaux, permet de préciser les sources de la contamination (3). Durant cette période d'étude, ce rapport montre que la contamination est d'origine mixte à prédominance animale, près de la source et mixte à prédominance humaine en aval de l'Oued.

Discussion

Le fonctionnement de cet écosystème résulte de l'interaction entre des processus qui se déroulent dans la couche limite entre le substrat solide et l'eau libre. Indépendamment des espèces qui la composent, cette communauté peut être caractérisée par des indices simples définissant globalement sa structure et sa productivité:

- Paramètres physiques, matières minérales et organiques, témoins de l'importance relative de la qualité de l'eau;
 - Taux d'accroissement de la biomasse bactérienne.
- Afin de définir les relations entre ces indices et la qualité de l'eau, il était nécessaire de préciser:
- L'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques;
 - L'évolution spatio-temporelle des indices de contaminations fécales.

Nos observations ont confirmé que l'activité des microorganismes (germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et clostridium sulfito-réducteurs) et les facteurs abiotiques qui en dépendent varie avec les saisons et le gradient amont-aval au niveau de l'Oued Boufekrane.

1 - L'augmentation des indices bactériens est à rapprocher des facteurs: élévation de la température (été), salinité, alcalinité du milieu et turbidité (matières en suspension), sauf pour les clostridium sulfito-réducteurs où le nombre élevé semble lié à une alcalinité de l'eau (pH) et l'élévation de la teneur de l'oxygène dissous.

2 - Sur le lit de l'Oued Boufekrane, l'abondance des germes étudiés croît de l'amont (S1) vers l'aval (S9).

Conclusion

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur neuf (9) stations, de la source jusqu'à trente-quatre (34) kilomètres en aval, ont montré que l'Oued Boufekrane est un cours d'eau pollué sur une

grande portion de son parcours.

Les principales causes de cette dégradation sont les rejets domestiques et industriels de l'agglomération rurale et urbaine de la Wilaya de Meknès.

Les analyses de plusieurs composantes chimiques montrent une surcharge en matières organiques favorisant un développement bactérien important sur un très long parcours.

La structure typologique obtenue, sur le réseau hydrographique de l'Oued Boufekrane, à partir de l'analyse multidimensionnelle représente des groupes statistiques qui contribuent à l'établissement de deux groupes de germes typologiquement affines et dont les caractéristiques écologiques sont voisines.

La comparaison de l'Oued Boufekrane avec d'autres cours d'eau:

- Assif Tiferguine et l'assif Oukaïmeden (9);

- Oued Bou reg reg (6);

- Oued Sebou (5);

montre que celui-ci est une rivière très polluée.

Parmi les procédés de lutte contre la pollution et le vieillissement de l'Oued Boufekrane, il faut envisager un triple objectif:

- sensibiliser les populations, résidents et usagers, en les familiarisant avec les notions de protection de la nature;

- empêcher le déversement des eaux usées dans plusieurs points de l'Oued, en les reliant par des canaux qui convergent vers un seul terminal en aval de la ville de Meknès;

- ces déversements devront être traités par la mise en place des bassins de décantation et de traitement avant leur réutilisation. <

Références bibliographiques

- 1 Abouzaid H. & Duchesne, 1984, - Méthodologie d'analyse d'eau au laboratoire O.N.E.P. Rabat. 230 pp.
- 2 Abdallaoui A., 1990, - Contribution à l'étude de la pollution des cours d'eau marocains par les métaux lourds - Cas de l'Oued Boufekrane - D.E.S. Fac. Sci. Meknès. 281 pp.
- 3 Borrigo A.F., Arrabal F. & Romero P., 1982, - Study of microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between faecal coliforms and faecal streptococci. VI journées Etud. Pollution Cannes (2-4 Décembre) p: 561-566.
- 4 Dakki M., 1979, - Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc). Thèse de spécialité. Aix-Marseille. 126 pp.
- 5 Dakki M., 1986, - Recherches hydrobiologiques sur le haut sebou (Moyen Atlas); une contribution à la connaissance faunistique et historique des eaux courantes sud méditerranéennes. Thèse d'état ès-sciences. Univ. MédV. Fac. Sci. Rabat. 214 pp.
- 6 El Agbani M.A., 1984, - Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Boureg reg (Plateau central Marocain), Essai de biotypologie. Thèse de 3ème cycle. Ecologie des eaux continentales. Univ. Claude Bernard - Lyon I. 146 pp.
- 7 Emberger L., 1955, - Quotient pluviométrique de L. Emberger au 1/400.0000. Planche n° 6b. Feuille de Rabat. Publié à l'Inst. Sci. Rabat.
- 8 Nisbet M. & Vernaux J., 1970, - Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et propositions de classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie. T.6. Fasc.2.161 - 190.
- 9 Pihan J-C. & Mohati A., 1983, - Etude hydrobiologique de deux petits torrents du haut Atlas de Marrakech: L'Assif Tiferguine et l'Assif Oukaïmeden. Impact des activités humaines. Bull. Fac. Sci. Marrakech. (Sect. Sci. Vie) T.2.p: 23-61
- 10 Rodier J., 1978, - L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 6ème édition. Dunod technique. Paris. 1125 pp.
- 11 Saadallah M., 1991, - Contribution à l'étude de la pollution métallique des sédiments des cours d'eau marocains: cas de l'Oued Boufekrane. D.E.S. Fac. Sci. Meknès. 182 pp.

A. Chahlaoui, Marocain, Maître assistant, Diplôme d'études supérieures (Doctorat de 3ème cycle, spécialité Hydrobiologie).

A. Zaid, Marocain, Professeur, Doctorat d'état.

M. Ramdani, Marocain, Professeur, Doctorat d'état.