

BIO-EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX DE L'OUED BOUFEKRANE (MEKNES, MAROC)

Lahcen KARROUCH, Abdelkader CHAHLAOUI

U.F.R : Qualité et Fonctionnement Hydrobiologique des Systèmes Aquatiques. Laboratoire de Biochimie et Environnement Dép. Biologie B.P 11201 Zitoune Meknès. Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences Meknès, Maroc
Correspondance : karrouchlahcen@yahoo.fr

Résumé

Le présent travail est une caractérisation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux de l'Oued Boufekrane. L'intérêt de ces eaux réside essentiellement dans les usages domestique et agricole qu'elles assurent; aussi convient-t-il de suivre leur état de pollution. Dans la vallée de l'Oued Boufekrane, les activités urbaines, industrielles et agricoles s'intensifient d'une année à l'autre et par conséquent, les polluants affectent la qualité du milieu aquatique et sa composition faunistique. Cette étude a porté sur six (6) stations sur le lit de l'Oued Boufekrane depuis la source Ain Maârouf à la sortie de la ville de Meknès (Aïn Karma), avec une fréquence mensuelle. Nous avons analysés douze (12) paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, chlorures, sulfates, orthophosphates, nitrates, oxygène dissous, demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène, dureté totale et matières en suspension) et déterminer la diversité (indice de Shannon-Wiener et Equitabilité) ainsi que la qualité biologique (Indice biologique Global Normalisé : I.B.G.N.) de ce cours d'eau par le biais des macroinvertébrés. Les résultats obtenus montrent que l'eau en amont du cours d'eau est de qualité assez bonne par contre en aval l'eau est très dégradée par comparaison à la grille de la qualité des eaux superficielles (SEQ-Eau, Version 2).

Mots-clés

Eau, Qualité, Physico-chimique et Macroinvertébrés

Summary

BIO-EVALUATION OF THE QUALITY OF WATER OF THE BOUFEKRANE RIVER (MEKNES, MOROCCO). The area of the city of Meknes (Morocco) undergoes an important anthropic pressure which acts mainly on the river of Boufekrane. River water is used, without preliminary treatment, for farm irrigation. This work is a physicochemical and biological characterization of the quality of water of the river of Boufekrane. Surface water samples were taken monthly from 6 sites from the river. We analyzed twelve (12) physicochemical parameters (temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, biological oxygen demand, chemical oxygen demand, sulphates, chlorides, Hardness total, nitrate, orthophosphate and total suspended solids) and we determined diversity (index of Shannon-Wiener and Equitability) as well as biological quality (Standardized Global Biological Index) of this river by the means of the macro-invertebrates. The results obtained show that the quality of surface water in upstream river sites is rather good; on the other hand, the water quality in downstream river sites is much degraded by comparison with the grid of the quality of surface waters (SEQ-Water, Version 2).

Keywords

River, Water, Quality, Physical-Chemical and Macro invertebrates

Introduction

L'influence anthropique sur l'Oued Boufekrane, cours d'eau du bassin hydrographique Saïs (*Figure 1*), se manifeste par différentes activités liées aux agglomérations installées le long d'Oued Boufekrane (Ville Meknès, village Boufekrane).



Figure 1 : Situation géographique et localisations des stations étudiées.

Les activités agricoles sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant ou directement dans les petites parcelles aux bordures de l'Oued (*Figure 2*).



Figure 2 : Irrigation par les eaux polluées Oued Boufekrane.

Les activités industrielles sont également importantes et leurs déchets sont rejetés directement dans l'Oued Boufekrane surtout dans le tronçon aval. Toutes ces activités affectent la qualité de l'eau et provoquent des modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes,

particulièrement les macroinvertébrés [1, 2]. La faune aquatique peut témoigner de la qualité des eaux et peut servir ainsi comme indicateurs biologiques de la pollution [3]. Les organismes aquatiques réagissent à toutes les altérations physico-chimiques et la biocénose garde longtemps la trace d'une pollution même passagère, de ce fait leur utilisation en tant qu'indicateur de perturbation a fait l'objet de plusieurs études dont nous citons entre autres, celles de Descy *et al.* [4], Empain [5] et Cross [6].

Milieu d'étude

Le cours d'eau Oued Boufekrane est l'un des affluents du bassin de Sebou, son bassin versant se trouve à 40 km sud de la ville de Meknès (*Figure 1*). La lithologie du bassin versant est constituée de Tirs (sol riche en matière organique) et calcaire (roche mère). Dans la zone d'étude, on distingue deux réservoirs aquifères importants : la nappe profonde du Lias et la nappe phréatique qui circule dans les formations lacustres du Plio-Villafranchienne. La moyenne annuelle de la température est 18 C° avec des valeurs extrêmes de 7 C° et 37 C° enregistrés pendant les mois de Janvier et Juillet. La moyenne annuelle de la pluviométrie est de 450 mm, avec un maximum en janvier. Le débit devient important durant la période hivernale et printanière.

Stations d'étude

Pour un échantillonnage plus représentatif du cours d'eau, nous avons choisis six stations sur le lit de l'oued Boufekrane (*Figure 1*). La station BF1 (Source Aïn Maârrouf) est située en dehors des activités anthropiques.

Les stations BF2 (*Figure 3*) et BF3 sont choisies dans une zone de grandes influences agricole et domestique du village Boufekrane. La station BF4 est située en amont de la ville de Meknès.

Les points BF5 et BF6 sont localisés en aval de l'agglomération de la ville de Meknès dont l'accumulation de la pollution domestique, industrielle et agricole est remarquable.

Les tableaux I et II présentent les caractéristiques des stations étudiées.

Tableau I : Caractéristiques morphodynamiques moyennes des stations étudiées.

Paramètres				
Stations	Altitude (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Vitesse (m/s)
BF1	700	3	1	0.75
BF2	600	3	0.7	1
BF3	580	2	1	1.2
BF4	530	1.5	1	0.8
BF5	500	2	0.5	1.2
BF6	480	3	1	2

Tableau II : Description des stations étudiées et leurs caractéristiques biotiques et abiotiques.

Paramètres			
Stations	Substrats de fond (Habitat abiotique)	Végétations Aquatique (Habitat Biotique)	Observations et Raison d'être
BF1	- Hygropétrique (roche affleurante, Blocs) ; - Megalithal (Dalles,...)	- Hydrophytes en général, y compris macrophytes et mousses	- Site de références peu touchées par les nuisances anthropogéniques
BF2	- Macrolithal (grosses pierres, 20-40 cm) ; - Mésolithal (galets avec gravier et sable).	- Phytal1 : hydrophytes ; - Phytal2 : algues filamenteuses ; - Xylal : Bois mort	- site en amont de village Boufekrane, pour avoir la qualité de l'eau avant de traverser le village.
BF3	- Mésolithal (galets avec gravier et sable). - Microlithal (gravier grossier, gravier fin et sable)	- Xylal, Algues filamenteuses, Bactéries des eaux usées ; - MOP-C (Mat.Org.part.grossière)	-site en aval de village de Boufekrane ; - avoir l'impact des rejets sur le cours d'eau.
BF4	-Microlithal (gravier grossier, gravier fin et sable) ; Acal (gravier fin à moyen, 0.2-2 cm), Psammal (sable, 0.063-2mm)	- Algues filamenteuses ; -xylal (bois mort) ; - MOP-C (Mat.Org.part.grossière)	- située en amont de l'agglomération de la ville de Meknès ; -estimer le degré de autoépurations de cours d'eau (BF3 et BF4)
BF5	- Acal , Psammal , Péalal et argyllal (limons et vases, argile)	- MOP-C; MOP-F (Mat.Org.part.fine); - Bactéries, Sapropel	- Site El Fakharane - influence par les rejets égouts principaux de la ville
BF6	- Psammal , Péalal et argyllal (limons et vases, argile)	-MOP-C, MOP-F - Bactéries s eaux usées ; Sapropel (limons organique)	- site en aval de la ville de Meknès et le village Aîn Karma ; avoir la qualité des eaux en aval

Matériels et méthodes

Paramètres physico-chimiques

Quatre paramètres physico-chimiques ont été enregistrés sur le terrain (*Figure 6*): la température

et la conductivité ont été mesurées par un conductimètre de type CONSORT K 912, le pH a été mesuré, par un pH-mètre modèle HANNA Hi 8519N, et l'Oxygène dissous (O₂) a été mesuré par un oxymètre de type THERMO ORION 810.



Figure 3: Station BF2 en amont de l'Oued Boufekrane.

Figure 4: Station BF5 en aval de l'Oued Boufekrane.

Figure 5: Station BF6 Oued Boufekrane.

Figure 6: Appareillages (Oxymétrie, Conductimètre et pH-mètre).

Deux répliques d'échantillons d'eau de chaque station ont été prélevées dans les bouteilles (polyéthylène 500 ml). Les échantillons d'eau ont été préservés avec 2ml de l'acide chlorhydrique concentré (pH=2). Des échantillons d'eau ont été acheminés dans une glacière à une température basse ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) pour arrêter les activités métaboliques des organismes dans l'eau. Les autres paramètres physico-chimiques : Dureté totale (TH), nitrates (NO_3^-), sulfates (SO_4^{2-}), chlorures (Cl^-), demande biologique en oxygène après 5 jours (DBO_5), demande chimique en oxygène (DCO), Orthophosphates (H_2PO_4^-) et matières en Suspension (MES) sont mesurés au laboratoire. Ces paramètres sont déterminés selon Rodier [7].

Macro invertébrés

L'échantillonnage des macroinvertébrés répond à un protocole standardisé Afnor [8]. Il est fait à l'aide

d'un filet Surber à vide de maille de 0,3 mm qui permet l'échantillonnage d'une surface de $0,1 \text{ m}^2$. Pour tenir compte de la variabilité spatiale à l'intérieur de chaque station, huit échantillons sont réalisés séparément dans les deux faciès lotique et lentique et aussi sur différents types de substrats (cailloux, végétation et vase). L'étude a été effectuée de janvier à décembre 2005 (12 mois), avec une fréquence d'échantillonnage mensuelle. Les échantillons sont fixés immédiatement sur le terrain par addition d'une solution du formol à 40%, puis conservés dans l'eau formolée à 10%. Pour faciliter le tri, nous avons procédé à une sélection par taille des échantillons à l'aide d'une colonne de trois tamis à mailles décroissantes, 2 mm, 1mm et 0,3 mm. Les groupes zoologiques sont séparés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70 % afin d'identifier et de déterminer la variété taxonomique de l'échantillon et son groupe faunistique indicateur.

L'Indice Biologique Générale Normalisé (I.B.G.N) (**Tableau III**) est déterminé grâce aux relevés des invertébrés aquatiques (insectes adultes, nymphes et larves ou vers, mollusques....) présents sur un tronçon de cours d'eau dont la longueur est égale à 10 fois la largeur du lit mouillé. Pour chaque station, l'échantillon d'invertébrés est constitué de 8

prélèvements, effectués séparément dans 8 habitats distincts. Le répertoire des organismes retenus pour calcul de l'I.B.G.N contient 138 taxons. L'unité taxonomique retenue est la famille. Parmi les 138 taxons, 38 constituent 9 groupes indicateurs (GI), Afnor [8].

Tableau III : Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) selon Afnor, 1992.

IBGN	20 à 16	16 à 12	12 à 8	8 à 4	4 à 0
Couleur	bleu	vert	jaune	orange	rouge
Qualité de l'eau	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

Analyses des données

La technique de la détermination de l'Indice Biologique Globale Normalisé (I.B.G.N) se fait selon les normes standard Afnor [8]. Les indices de diversité sont calculés selon les formules mathématiques suivantes:

Indice de Shannon-Wiener H':

$$H' = - \sum_{j=1}^s p_j \log p_j$$

Avec s = nombre total d'espèces; p_j = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce, se calcule ainsi :

$$p_j = n_j / N_T$$

n_j = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N_T = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

Ainsi, la valeur de H' dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives, de la taille de l'échantillon (N_T) et de la base de logarithme.

Indice de l'Équitabilité

L'équitabilité, ou le rapport de la diversité observée à une distribution de fréquence des espèces complètement égale (échelle de 0-1), peut

être quantifiée séparément à l'aide de l'indice Shannon-Wiener comme étant :

$$E = H' / H'_{\max} \rightarrow H'_{\max} = \log(s)$$

Où H' est la diversité spécifique observée et H'_{max} est le logarithme du nombre total d'espèces (S) dans l'échantillon.

Résultats et discussion

Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indications sur la qualité de l'eau, mais ils sont assujettis à des variations par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau. La comparaison des moyennes au niveau de six stations étudiées (*Figures 7A-7L*) à permis de déceler l'existence d'un gradient généralement croissant de l'amont vers l'aval pour les paramètres de la température, conductivité, dureté totale, chlorures, sulfates, orthophosphates, demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène, et matières en suspensions, exception faite pour la station BF4, qui est caractérisé par la présence d'une légère diminution des concentrations de certains paramètres par rapport à la station BF3, ceci peut être expliquée par le pouvoir auto-épurateur de cours d'eau dans le tronçon d'eau BF3-BF4.

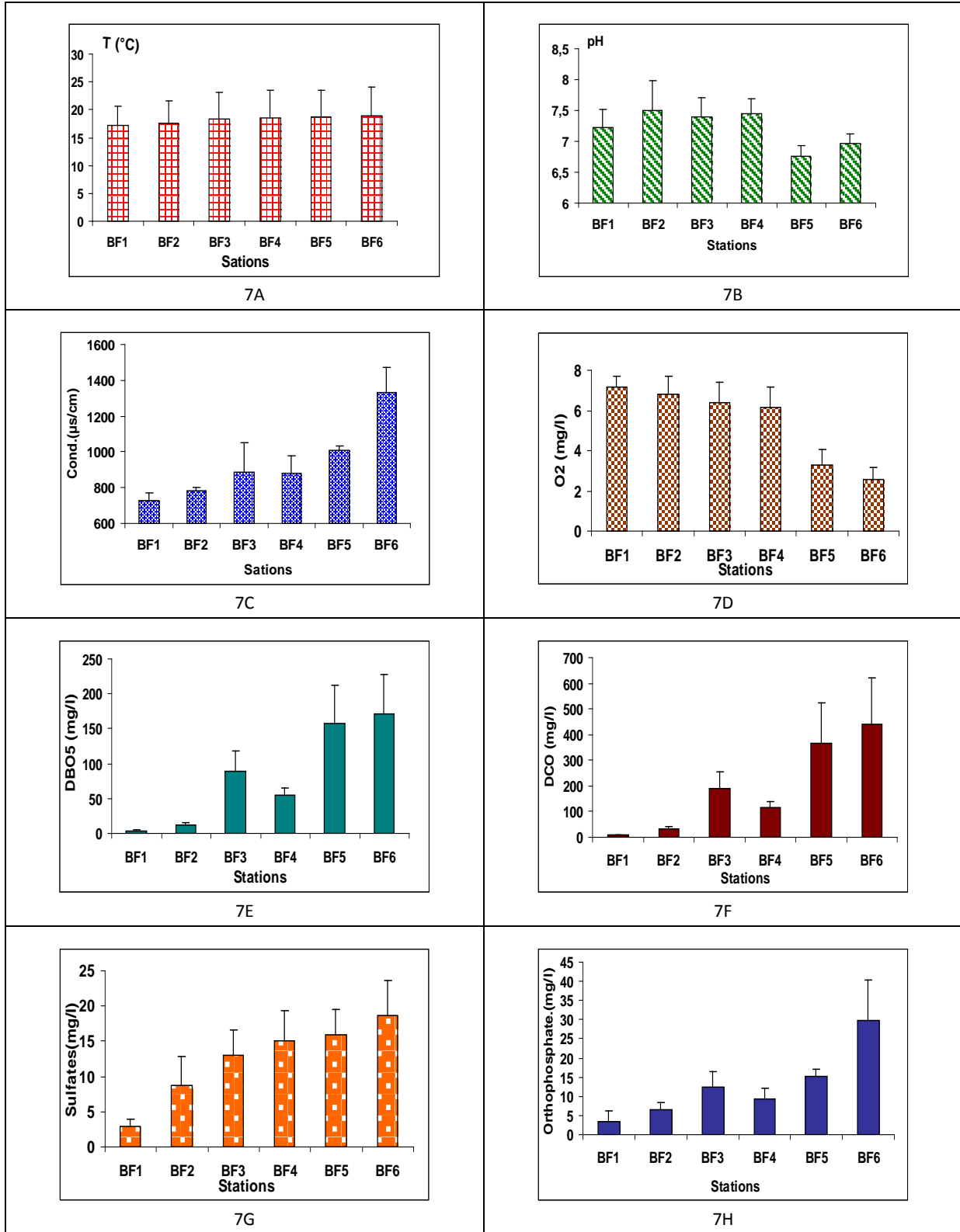


Figure 7A-H : Les valeurs moyennes annuelles (2005) de différents paramètres physicochimiques au niveau d'Oued Boufekrane.

Les figures 7A-7L montrent également que les paramètres de conductivité et de dureté totale, deux indicateurs de la minéralisation de l'eau, évoluent de manière parallèle sauf au niveau de la station BF4 où on note une baisse de la conductivité. Cette baisse s'explique d'une part par la diminution de la concentration en chlorures au niveau de la station BF4 puisque nous constatons que ces deux paramètres, conductivité et les chlorures, évoluent parallèlement. Elle s'explique d'autre part par l'assimilation de certains éléments minéraux par les algues filamenteuses au niveau de la station BF4 (tableaux II). Par contre l'oxygène dissous, le pH et les nitrates suivent un gradient décroissant avec une chute au niveau de la station BF5 (rejets polluants importants). La dégradation par les microorganismes des matières organiques biodégradables déversées dans le cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissous dans l'eau. A très fortes charges organiques, la concentration en oxygène dissous

baisse à des concentrations critiques (taux d'oxygénation pratiquement nul et l'augmentation des indicateurs de pollution : demande chimique en oxygène, demande biologique en oxygène, carbone organique, et orthophosphates). A ces niveaux très bas d'oxygène la fermentation des matériaux organiques s'installe et entraîne l'acidification du milieu (baisse du pH au niveau de la station BF5), La diminution de pH peut également être liée aux rejets de produits toxiques d'origine industrielle. Le gradient décroissant de l'amont vers l'aval des teneurs en nitrates est vraisemblablement dû à des phénomènes de transformation de nitrates en nitrites, consommation des nitrates par les microorganismes et l'occupation de sol, Les zones où l'on observe une contamination de l'eau par nitrates sont situées dans des régions rurales où dominent les grandes cultures (lessivage du sol) et qui sont peu peuplées (village Boufakrane).

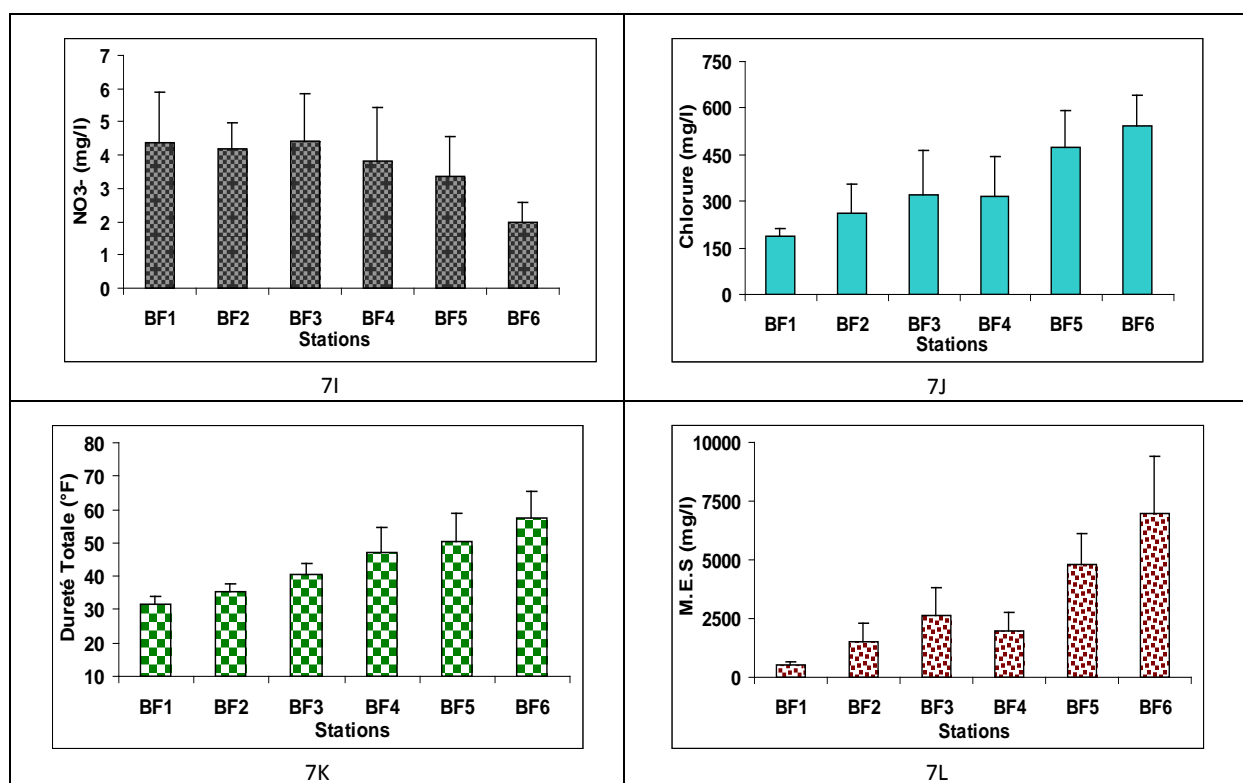


Figure 7I-L : Les valeurs moyennes annuelles (2005) de différents paramètres physicochimiques au niveau d'Oued Boufakrane.

Les valeurs élevées des Ecart-types de la majorité des variables témoignent d'une forte dispersion des distributions de celles-ci (cas des nitrates entre BF2 et BF3). Les grandes valeurs des Ecart-types seraient dues à des variations

temporelles et saisonnières (changement climatique). Certains travaux ont mentionnés l'existence des variations spatiales et des fluctuations saisonnières de la plus parts des paramètres dans les cours d'eau entre autres

Chahlaoui [9], Vega *et al.* [10]. L'augmentation de l'amont vers l'aval des paramètres température, conductivité, chlorure, sulfates, orthophosphates, demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène et matière en suspension serait dû à l'effet des effluents des eaux usées, agricole et industrielles chargés des substances polluantes [11, 12].

Les principaux résultats physico-chimiques montrent de façon claire un état de dégradation de la qualité d'écosystème aquatique étudiée. Cet état de dégradation existe en amont de la ville de Meknès et accentué en aval. Néanmoins, d'après ces résultats, on peut affirmer que le tronçon d'eau entre les stations BF3 et BF4 exerce un rôle auto-épuration (oxydations biologiques, précipitations,...) pour les polluants organiques biodégradables (baisse des concentrations des DBO₅ et DCO) et pour certains polluants minéraux (orthophosphates et chlorures). Pour mieux rendre compte de la qualité

de l'oued Boufekrane, nous nous sommes intéressés aussi à l'étude des communautés des macroinvertébrés qui peuplent ce cours d'eau.

Macro invertébrés

Les communautés des macroinvertébrés sont très sensibles à la variabilité environnementale. Par conséquent, la diversité des espèces présentes et leur abondance peut apporter des indications importantes sur la qualité du milieu aquatique.

Abondance quantitative des groupes faunistiques

L'inventaire faunistique de l'Oued Boufekrane regroupe 124 taxons d'invertébrés benthiques répartis en 74 familles. Les crustacés et les mollusques représentent 69 % de la totalité de la faune benthique récoltée (Figure 8).

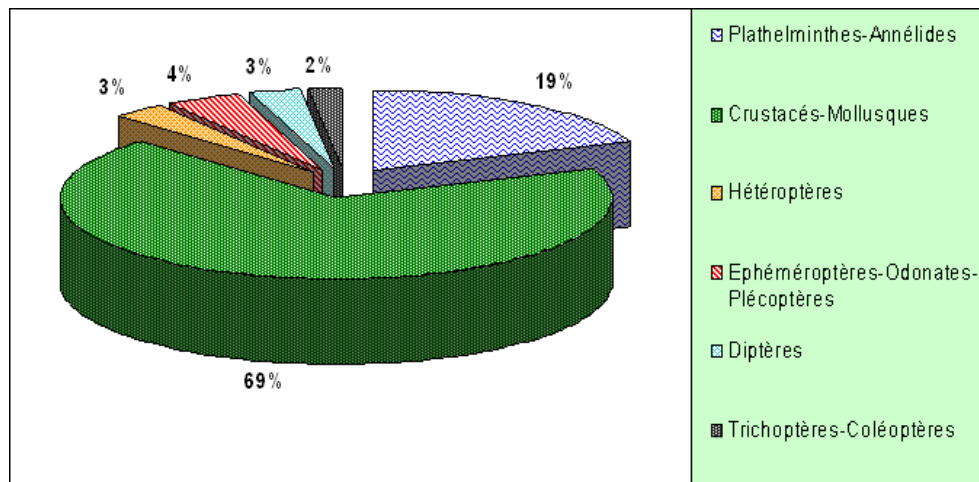


Figure 8 : Spectre Zoologique des stations étudiées.

Les gastropodes sont le groupe le plus riche en taxons, représentant 40 % de la richesse totale. Ils sont dominés par les familles des Melanidae, Physidae et Valvatidae. Les plathelminthes et les annélides qui représentent 19 %, sont dominés par la famille des Tubificidae. La classe des insectes représente 12 % de la totalité de la faune récoltée. Les Diptères sont représentés essentiellement par les chironomes. Les éphéméroptères, odonates et plécoptères occupent la troisième place avec 4 % de la macrofaune récoltée principalement dans les stations amont loin de toute perturbation anthropique. Les plécoptères représentent 0,3% de la communauté benthique récoltés dans le cours

d'eau. L'absence des Plécoptères dans certains cours d'eau d'Afrique du Nord semble être due aux températures estivales élevées en relation avec le cycle hydrologique [13].

Richesse Taxonomique

L'analyse de la richesse taxonomique montre que les stations BF1 et BF2 contiennent respectivement 124 et 103 taxons, soit 50 % de l'ensemble de la faune benthique récoltée dans l'Oued Boufekrane (Figure 9).

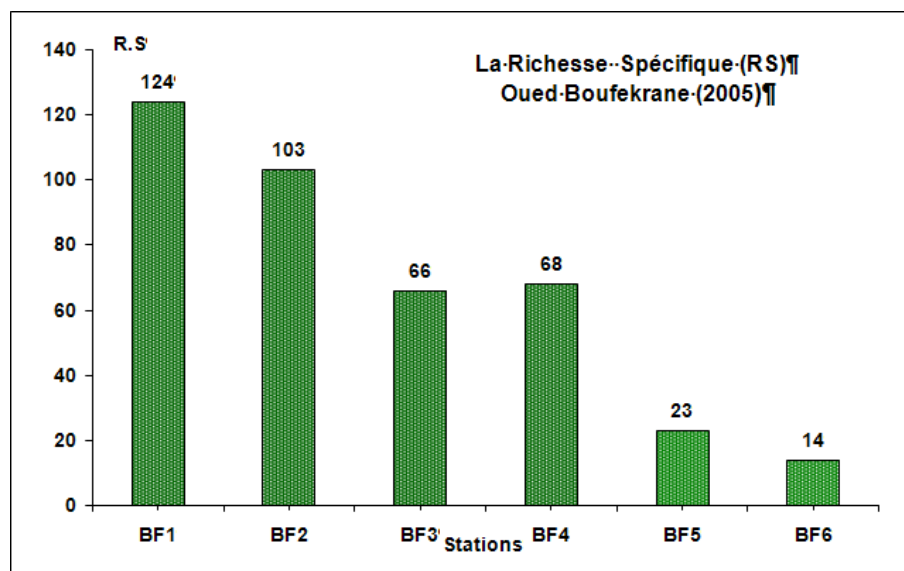


Figure 9 : Variation spatiale de la richesse spécifique des stations étudiées.

Les stations BF1 et BF2 représentent les stations les plus riches en espèces. Elles sont situées en amont des perturbations anthropiques. Le lit de l’oued au niveau de ces stations est constitué par une diversité du substrat et de la végétation aquatique, conditions favorables au développement d’une faune plus diversifiée. Les stations BF3 et BF4 sont localisées dans une zone où les activités agricoles et domestiques sont importantes. L’algue filamenteuse du genre *Spirogyra* est bien

développée, ce qui traduit une charge élevée en nutriment principalement les phosphates. La richesse taxonomique des deux stations BF3 et BF4 est respectivement de 66 et 68 taxons. Les stations BF5 et BF6 présentent la plus faible richesse taxonomique, avec 23 et 14 taxons respectivement. La pauvreté en espèces est due aux perturbations sous l’effet de plusieurs facteurs: activités industrielles et rejets domestiques (agglomération de Meknès et village Aïn Karma).

Tableau IV : Les valeurs moyennes de l’I.B.G.N et la qualité biologique des stations étudiées.

INDICES	STATIONS					
	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
Groupes indicateurs (GI)	9	9	3	5	2	1
Variété Taxonomique (VT)	74	63	36	38	14	10
IBGN	19	18,5	10	12,4	6	3,5
Couleur	Bleu	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité Biologique	Très bonne	Très bonne	Moyenne	Bonne	Médiocre	Mauvaise

Indice biotique IBGN

Les macroinvertébrés occupent une place très importante pour le calcul de nombreux indices biotiques. Ce sont d’excellents témoins de la qualité de l’hydrosystème qu’ils occupent [14, 15,16]. L’intégration se fait à moyen ou à long terme, ces organismes ayant des durées de vie très variables (quelques mois à 1-2 ans). Le choix de l’Indice Biologique Global Normalisé pour évaluer la qualité des eaux est basée sur la raison que cet indice est le

plus utilisé et que la méthode a fait l’objet d’une norme Afnor [8].

Les résultats (Tableau IV par rapport au Tableau III) indiquent que la qualité des eaux de l’Oued Boufekrane varie faiblement entre les deux premières stations (BF1=19 et BF2=18.5). Alors qu’à partir de la station BF3 la diminution des valeurs de l’I.B.G.N est remarquable. La station BF4 est caractérisée par la présence d’une légère dégradation de la qualité des eaux par apport aux stations BF3, BF5 et BF6, ceci serait dû à la capacité auto-épuratrice de l’Oued Boufekrane entre les deux

stations BF3 et BF4. Les valeurs de l'I.B.G.N permettent de classer l'eau des stations BF1 et BF2 dans la qualité est très bonne. Les valeurs très élevées de l'I.B.G.N sont expliquées par les grands nombres de groupes indicateurs, et par la variété taxonomique importante (Tableau IV) conséquences de l'absence de rejets polluants. Les stations BF3 et BF4 sont classées parmi les points d'eau de qualité moyenne à bonne. Par ailleurs les stations (BF5) et (BF6) dont l'I.B.G.N ne dépasse pas 6 ont des eaux appartenant à la classe médiocre à mauvaise qualité. Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par des faibles valeurs des groupes indicateurs et de la variété taxonomique dans ces stations résultat de la dégradation de la qualité des eaux dans ces stations par l'évacuation directe des rejets des eaux usées dans le milieu récepteur.

Indice de Shannon-Wiener et Equitabilité

L'indice de diversité spécifique (Indice de Shannon- Wiener) est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes se traduit par des faibles valeurs de cet indice [17]. Les variations importantes de la diversité spécifique reflètent les différences de répartition de l'abondance des taxons. Les deux graphes (Figure 10), de l'indice de Shannon-Wiener (H') et de l'Equitabilité (E) présentent la même tendance.

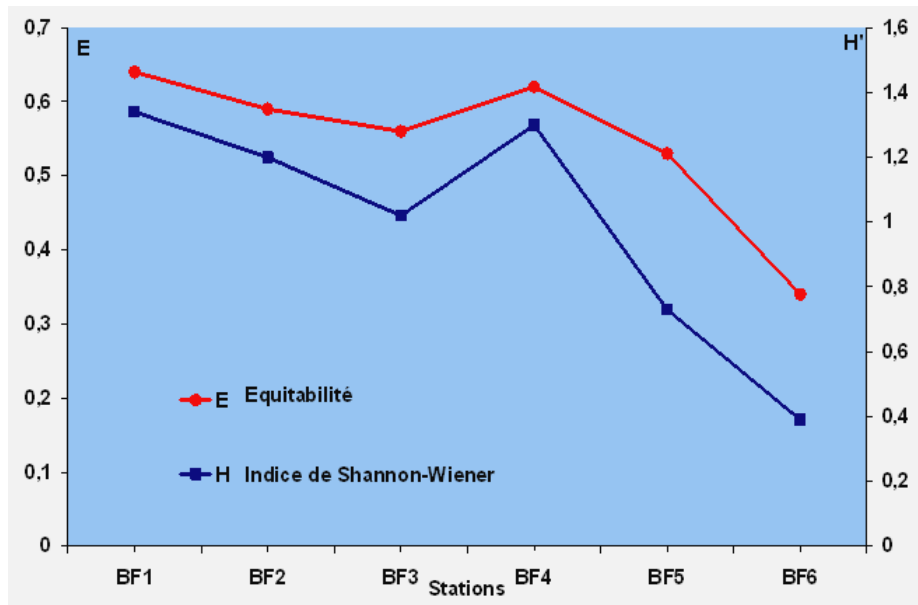


Figure 10 : Variation de l'indice de diversité Shannon-Wiener (H') et Equitabilité (E).

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station (BF1) et (BF2). Les deux stations présentent un peuplement bien diversifié où plusieurs taxons sont numériquement représentés (richesse taxonomique). Dans la station BF4, il y a une augmentation de l'indice de Shannon-wiener et l'Equitabilité par rapport à la station BF3, ceci vraisemblablement due à la réapparition des espèces polluo-sensibles (à cause de la capacité autoépurateur du cours d'eau entre les stations BF3 et BF4). Les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans les stations (BF5) et (BF6), ceci serait dû à la présence d'une communauté déséquilibrée et très spécialisée représentée par un petit nombre de

taxons (Oligochètes) qui sont développés au détriment d'autres taxons disparus. Ces faibles valeurs des indices de diversité, suggèrent la détérioration de la qualité des eaux au niveau de ces stations. En effet, elle entraîne la disparition de certaines espèces polluo-sensibles. La présence des oligochètes indique que le sédiment est riche en matière organique et des agglomérats de bactéries filamenteuses [18] ; Selon Carter [19], les oligochètes remplacent les diptères au fur et à mesure que la pollution organique augmente. L'approche du peuplement benthique, à travers les descripteurs classiques (abondance, diversité, Equitabilité...); a permis de montrer que la faune benthique récoltée

dans l'ensemble des stations du Boufekrane est représentée par un nombre assez important de taxons spécialisés en comparaison à celle rapporté par les travaux de Badri [20] sur l'Oued Tensift du haute Atlas, Dakki [21], sur le haut Sebou, El Agbani [22] sur l'Oued Bou Reg-reg qui contiennent une richesse taxonomique très élevée à l'échelle méditerranéenne.

Conclusion

L'action anthropique a une influence sur la qualité physico-chimique de l'eau, la richesse taxonomique et la structure des macroinvertébrés. Notre étude a montré que les stations les moins perturbées par les activités humaines présentent une structure faunistique très variée. Toutefois, la dégradation de la qualité des eaux est remarquée dans les stations en aval des agglomérations et après les zones où les activités domestiques, industrielles et agricoles sont plus importantes. La pollution provoque un déséquilibre de l'écosystème aquatique, disparition des espèces les plus sensibles et par la suite une perte rapide de la biodiversité des écosystèmes aquatiques de la région de Meknès.

Références

- Bazzanti M. Sandy bottom macroinvertebrates in two moderately polluted stations of the River Treia (central Italy): structural and functional organization. *Annls Limnol.* 27 (3) : 287-298. 1991.
- Tachet H. Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie, écologie. *CNRS édit.* Paris, 2000, 588p.
- Verneaux J. Réflexions sur l'appréciation de la qualité des eaux courantes à l'aide de méthode biologique. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, 1982 : 3-9.
- Descy J.P, Pauwels E. Etude préliminaire des peuplements diatomées benthiques de la haute -semois en vue d'une évaluation de la qualité biologique des eaux -évaluation de la qualité des eaux de la haute -semois par diverses méthodes applicables aux protozoaires. Notes de recherche n° 15, Fond. Univ. Lux 0, 1978, 36p.
- Empain A. Relations quantitative entre les populations de bryophytes aquatiques et la pollution des eaux courantes. Définition d'un indice de qualité des eaux. *Hydrobiol.* 60 (1) 1977:49-74.
- Gross F. Les communautés Oligochètes d'un ruisseau de plaine. Leur utilisation comme Indicateurs de la pollution organique. *Annls Limnol.* 12 (1) 1976 : 756-87.
- Rodier J. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod Paris 1984.
- Afnor. Eau : Méthodes d'essai. Paris : 3e éd.1992, 9-624p.
- Chahlaoui A. Essai dévaluation Hydrobiologique de l'impact écologique d'un barrage collinaire : Ait Lamrabiya (Oulmes) sur l'environnement et santé. Diplôme d'Etude Supérieur de 3^{ème} cycle. Uni. Moulay Ismail Meknès. 1990, 215 pp.
- Vega M., Pardo R, Barrado E. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water res.*, 32 (12), 1998 3581-3592
- Abdallaoui A. Contribution à l'étude de la pollution des cours d'eau marocaines par les métaux lourds cas de l'Oued Boufekrane thèse D.E.S. Fac. Scie. Univ. My. Ism. Meknès, Maroc, 1990, 281pp.
- Silva S. Using chemical and physical parameters to define the quality of parado iver water (Botucatu-sp Barzil) Technical note. *Water Res.*, 35 (6),2001. 1609-1616
- Berrahou A, Cellot B et Richoux P. Les macroinvertébrées benthiques de la Moulouya (Maroc). *Bull. Ecol;* 2002, 223 -234.
- Faessel B, Roger M.C et Cazin B. Incidence de rejet ponctuels et diffus sur les Communautés d'invertébrés benthiques d'un cours d'eau du Beaujolais : l'Ardières. *Annls Limnol.* 29 (3- 4) 1993 : 307 -323.
- Rico E, Rallo A, Sevillano M.A et Arretxe M.L Comparison of several biological indices based on river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality. *Annls Limnol.* 28 (2) 1992 : 147- 156.
- Wright J.F. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Australian Journal of Ecology.* 20 1995 : 181-197.
- Maqboul A, Aoujdad R, Fekhaoui M et Touhami A. Caractérisation biocénotique et biotypologique de la faune malacologique dulcicole de la plaine du Gharb (Maroc). *Riv. Idrobiol.* 2001, 40p.
- Marty A. et Calvel P. Qualité de l'eau de la Loire en haute -Loire. Effets des extractions d'agrégats sur la qualité et la productivité du milieu. *Ann. Hydrobiol.*, 7 (1) 1975:45 p.
- Carter C.E. The funa of the muddy sediment of lough neagh, with parcticular reference to eutrophication. *Fresh water boil.* , 8 (6) 1978:547-559.
- Badri A. Influence des crues sur les écosystèmes lotique du haut Atlas: (étude des perturbations et des mécanismes de recolonisation à travers les peuplements des algues et d'invertébrés. Thèse d'Etats; Univ Cadi Ayad. Marrakech 1993 ; 384p.
- Dakki M. Biotypologie et gradient thermique spatiotemporel, étude sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc). *Bull. Ecol.*, 17 ; 1986 :79-85

El Agbani A., Dakki M. et Bournaud M. Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : le milieu aquatique et leur peuplement en macroinvertébrés. *Bul, Ecol*, 23, 1992:103-113.