

## Typologie spatio-temporelle et valeurs bioindicatrices des algues benthiques de l'Oued Boufekrane (Maroc)

Soumaya HAMMADA, Mohamed DAKKI,  
Mohamed FEKHAOUI & Mohammed Aziz EL AGBANI

**Mots-clés :** Cours d'eau, pollution, algues benthiques, biotypologie, valeur bio-indicatrice.

### ملخص

الدراسة حول تقييم أثر النفايات الحضرية لمدينة مكناس من خلال التحليل والتتبع لمركبات عشائر الطحالب بأودية بوفكران ووسلان والرمد. هذا العمل الذي أنجز خلال المدة الفاصلة بين دجنبر 1987 وأكتوبر 1988 مكن من الحصول على 63 نوعا موزعة على أربعة مجموعات كبرى. أما دراسة العشائر بواسطة تحليل المقابلات مكن من إبراز ممالا للتلوث تتوزع على طوله ثلاث مجموعات من الأنواع : تجمع بالتلوث وتجمع مقاوم للتلوث وتجمع أنواع شائعة.

### RESUME

L'étude porte sur l'évaluation de l'impact des rejets urbains de la ville de Meknès, par l'analyse et le suivi de la composition du peuplement algal benthique des Oueds Boufekrane, Ouislane et Rdom. Ce travail réalisé en neuf campagnes entre décembre 1987 et octobre 1988 a permis d'obtenir 63 taxons répartis en 4 grands groupes.

Le traitement de ce peuplement à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) met en évidence un gradient de pollution amont-aval, avec l'individualisation de trois groupements d'espèces: un groupement polluo-sensible, un groupement polluo-résistant et un groupement d'espèces euryèces.

### ABSTRACT

**Spatio-temporal typology and bioindicati values of benthic algae of wol Boufekrane (Morocco)** This study concerns the assessment of the impact of urban waste waters of Meknes city based on the analysis of a moniting programme of benthic algae communities of nine sampling campains organised between Dec. 1987 and Oct. 1988. 63 taxa belonging to 4 groups have been recorded. Multivariable analysis show a clear gradient of pollution, with the individualisation of three algal groups along this gradient.

### INTRODUCTION

Lors de l'évaluation de la qualité des eaux superficielles les analyses biologiques (faune et flore) sont un complément indispensable aux analyses physico-chimiques et leur application est même devenue d'un usage très fréquent dans l'estimation de la qualité des eaux courantes. Parmi les méthodes utilisées ARCHIBALD (1972) a utilisé des indices de diversité de peuplements de Diatomées et leur évolution en fonction de la pollution. En parallèle se sont développées des techniques utilisant des voies d'approches (PIERRE, 1972; SYMONS, 1973; COSTE, 1974, 1978; DESCY, 1975). Ce dernier a essayé de montrer le rôle des Diatomées dans l'appréciation de la qualité des eaux courantes en utilisant l'A.F.C. (analyse factorielle des correspondances) et les indices biotiques.

Ce type de recherche est a ses débuts au Maroc (HAMMADA, 1987; FEKHAOUI & al., 1988). Les tra-

vaux entrepris concernent surtout les lacs (GAYRAL, 1954) et les dayas (SOMERS, 1972 ; DANOUNE, 1981; THIERY, 1982 ; MAIFFI, 1983 ...); d'autres concernent certains bassins artificiels et Khetaras (EL MEZDI, 1985 ; MOUHRI & al., 1990 ; LOUDIKI et BOUTERFAS, 1993)

### MILIEU

L'Oued Boufekrane prend ses sources dans le moyen Atlas tabulaire, dans la région d'El Hajeb. La partie amont du réseau traverse des terrains calcaires, dolomitiques et sableux. La partie aval du cours d'eau s'écoule dans des vallées ouvertes délimitées par des collines marneuses (Fig. 1). A son cours moyen, il reçoit les rejets domestiques et industriels non traités de la ville de Meknès.

Dans cette étude, six stations ont été retenues (Fig 2); deux stations sont situées sur Oued Boufekrane (F1 en amont, F2 en aval), une sur Oued Ouislane (W) et trois sur Oued Rdom (R1, R2, R3)

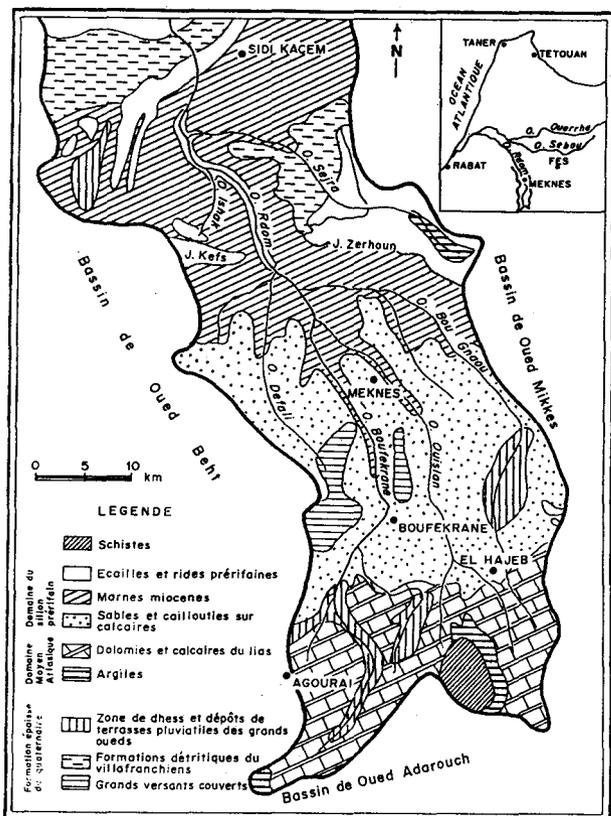


Figure 1: Morpholithologie du bassin du Rdom.

### METHODES D'APPROCHE

Neuf campagnes de récolte d'algues benthiques ont été réalisées dans les six stations, de décembre 1987 à octobre 1988.

Le prélèvement du benthos a été réalisé par grattage des supports immergés (galets, blocs...), pris à diverses vitesses de courant. La surface grattée par prélèvement est de 16 cm<sup>2</sup>.

Les algues récoltées sont conservées dans du formol à 4 % additionné de quelques gouttes de lugol.

Au laboratoire, différents montages sont effectués, l'un dans du Naphrax, permettant l'observation des diatomées, l'autre dans le bleu de méthylène ou le rouge neutre, pour recenser les autres algues.

### STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE

#### DES PEUPELEMENTS D'ALGUES BENTHIQUES

L'étude qualitative du peuplement algal a révélé la présence de 63 taxons répartis en 4 grands groupes (Tab. I) : Les EUGLENOPHYTES (une famille), les CYANOPHYTES (trois familles), les CHLOROPHYTES (trois familles) et les CHROMOPHYTES (8 familles).

Le groupe dominant est celui des CHROMOPHYTES, aussi bien en nombre de taxons que de familles. Il représente environ 82 % du peuplement.

Dans l'étude quantitative, seules les algues unicellulaires sont prises en compte; elles sont représentées par 54 taxons.

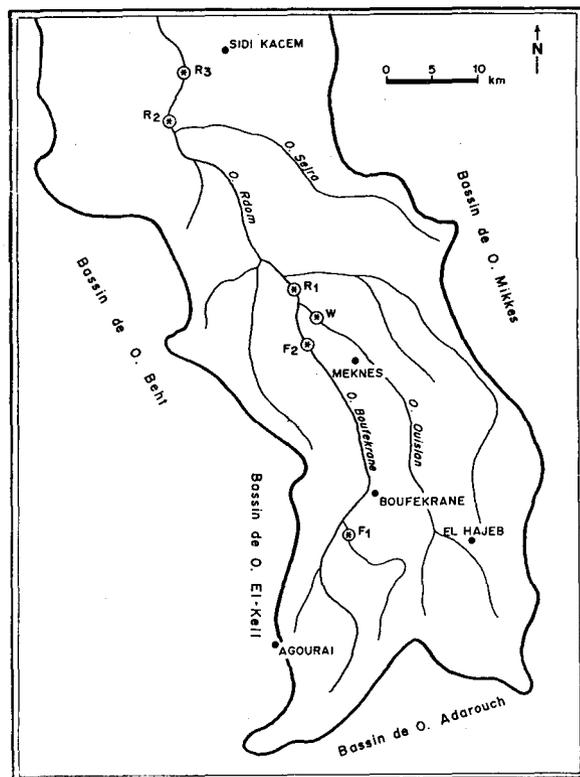


Figure 2: Localisation des stations d'étude.

Le traitement des résultats obtenus a été réalisé à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.), dans le but de rechercher une structure biotypologique du peuplement algal.

Les données sont représentées dans une matrice binaire "54 taxons x 54 relevés" (Tab. II) obtenue à partir d'un tableau ternaire "espace x flore x temps" ( voir DAKKI, 1985).

Les trois premiers axes factoriels présentent des pourcentages d'inertie relativement faibles, soit un total de 24,1 %.

La projection des relevés sur le plan factoriel F1-F2 (Fig. 3) montre un gradient de pollution suivant le premier axe, qui oppose les prélèvements de la station témoin (F1), située en amont de Meknès, à ceux de la

Tableau I : Inventaire des algues des oueds Boufekrane, Ouislan et Rdom.

Liste des algues benthiques du Rdom	Code		
<b>CHROMOPHYTES</b>		<b>CHLOROPHYTES</b>	
Classe des DIATOMOPHYCEES		Classe des EUCHLOROPHYCEES	
Ordre des Coscinodiscales		Ordre des Chlorococcales	
Famille des Coscinodiscacées		Famille des Scénédésmaquées	
<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kütz	D1	<i>Scenedesmus verrucosus</i> Roll.	CH1
<i>Cyclotella meneghinina</i> Kütz	D2		
<i>Cyclotella styriaca</i> Hust	D3	Classe des ULOTHRICOPHYCEES	
Ordre des Diatomales		Ordre des Chaetophorales	
Familles des Diatomacées		Famille des Chaetophoracées	
<i>Synedra pulchella</i>	D4	<i>Chaetophora</i> sp.	CH2
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	D5	Ordre des Siphonocladales	
Ordre des Biddulphiales		Famille des Cladophoracées	
Famille des Anaulacées		<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz	CH3
<i>Terpsinoe musica</i>	D6	<i>Cladophora</i> sp.	CH4
Ordre des Achnantales		<b>EUGLENOPHYTES</b>	
Familles des Achnantacées		Classe des EUGLENOPHYCEES	
<i>Achnanthes lanceolata</i> Breb.	D7	Ordre des Euglénales	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	D8	Famille des Euglénaquées	
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Hust.	D9	<i>Euglena deses</i> Ehr.	E1
<i>Roicosphenia curvata</i> (Kütz) Grun.	D10		
<i>Roicosphenia</i> sp.	D11	<b>CYANOPHYTES</b>	
Ordre des Naviculales		Classe des CYANOPHYCEES	
Familles des Navicutacées		Ordre des Chroococcales	
<i>Anomooneis sphaerophora</i> (Kütz) Peitzer	D12	Famille des Chroococacées	
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cleve	D13	<i>Gleocapsa</i> sp.	CY1
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	D14	Ordre des Nostocales	
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	D15	Famille des Rivulariacées	
<i>Gomphonema affine</i> Kütz	D16	<i>Homoeotrix</i> sp.	CY2
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz) Racenh.	D17	Famille des Oscillatoriacées	
<i>Gomphonema brasiliense</i> var <i>demararae</i> Grun.	D18	<i>Oscillatoria</i>	CY3
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehr.	D19	<i>a amoena</i> Gom.	
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyng.) Kütz	D20	<i>Oscillatoria okeni</i> AG.	CY4
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz) Hust.	D21	<i>Oscillatoria</i> sp.	CY5
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz) Rabh.	D22	<i>Lyngbia</i> sp.	CY6
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz) Rabh.	D23		
<i>Navicula confervacea</i> Kütz	D24		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz	D25		
<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.	D26		
<i>Navicula gibbula</i> Cleve	D27		
<i>Navicula gracilis</i> (Ehr.)	D28		
<i>Navicula mutica</i> Kütz	D29		
<i>Navicula placentula</i> (Ehr.) Grun	D30		
<i>Navicula pseudocitrus</i> Manguin	D31		
<i>Navicula ryncocephala</i> Kütz	D32		
<i>Navicula viridula</i> Kütz	D33		
<i>Neidium aubertii</i> Manguin	D34		
<i>Neidium gracile</i> Hust.	D35		
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve	D36		
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	D37		
<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	D38		
Famille des Epithemiacées			
<i>Epithemia sores</i> Kütz	D39		
Famille des Nitzschiacées			
<i>Nitzschia amphibia</i> Grun	D40		
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grun	D41		
<i>Nitzschia dissipatoides</i> Archibald	D42		
<i>Nitzschia fonticola</i> Grun	D43		
<i>Nitzschia frustulum</i> Kütz	D44		
<i>Nitzschia hungarica</i> Grun	D45		
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	D46		
<i>Nitzschia lionella</i> Cholnoky	D47		
<i>Nitzschia palea</i> Kütz (wismith)	D48		
<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch.	D49		
Famille des Surirellacées			
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W. Smith	D50		
<i>Surirella ovata</i> Kütz.	D51		
<i>Surirella</i> sp. Kütz	D52		



- 12 : décembre 1987
- 2 : février 1988
- 3 : mars 1988
- 4 : avril 1988
- 5 : mai 1988
- 6 : juin 1988
- 7 : juillet 1988
- 9 : septembre 1988
- 10 : octobre 1988
- Station F<sub>1</sub>
- Station F<sub>2</sub>
- \* Station W
- ▽ Station R<sub>1</sub>
- Station R<sub>2</sub>
- ⊙ Station R<sub>3</sub>

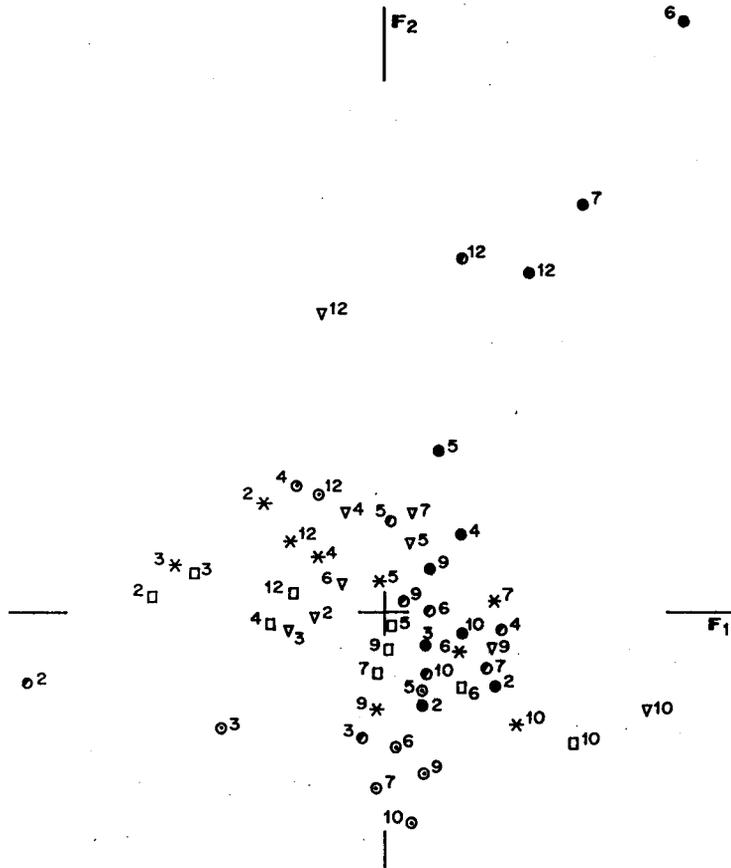


Figure 3 : Biotypologie de l'Oued Rdom d'après le peuplement algal (structure du nuage-relevés dans le plan 1x2 de l'AFC).

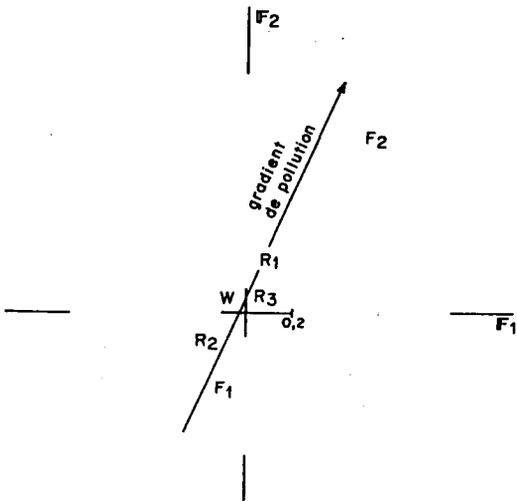


Figure 4: Biotypologie de l'Oued Rdom (positions moyennes des relevés d'algues de chaque station dans le plan 1x2 de l'AFC)

station F2, le point le plus pollué du cours d'eau. Entre ces deux extrêmes, s'incorporent les prélèvements correspondant aux stations dont la qualité physico-chimique est intermédiaire. Ce gradient est plus net sur la figure 4 indiquant la position moyenne des relevés de chaque station dans le plan F1-F2.

L'axe F2 exprime un gradient de saisonnalité, avec une nette opposition entre les prélèvements hivernaux et d'été.

La répartition des espèces algales dans le plan F1-F2 révèle une succession suivant le degré de sensibilité (ou de résistance) de celles-ci à la pollution (Fig. 5).

Le premier groupement se superpose aux relevés de la station "témoin" F1; il comprend les espèces pollu-sensibles, parmi lesquelles on citera *Roicosphenia curvata*, *Caloneis amphisbaena* et *Cocconeis placentula*.

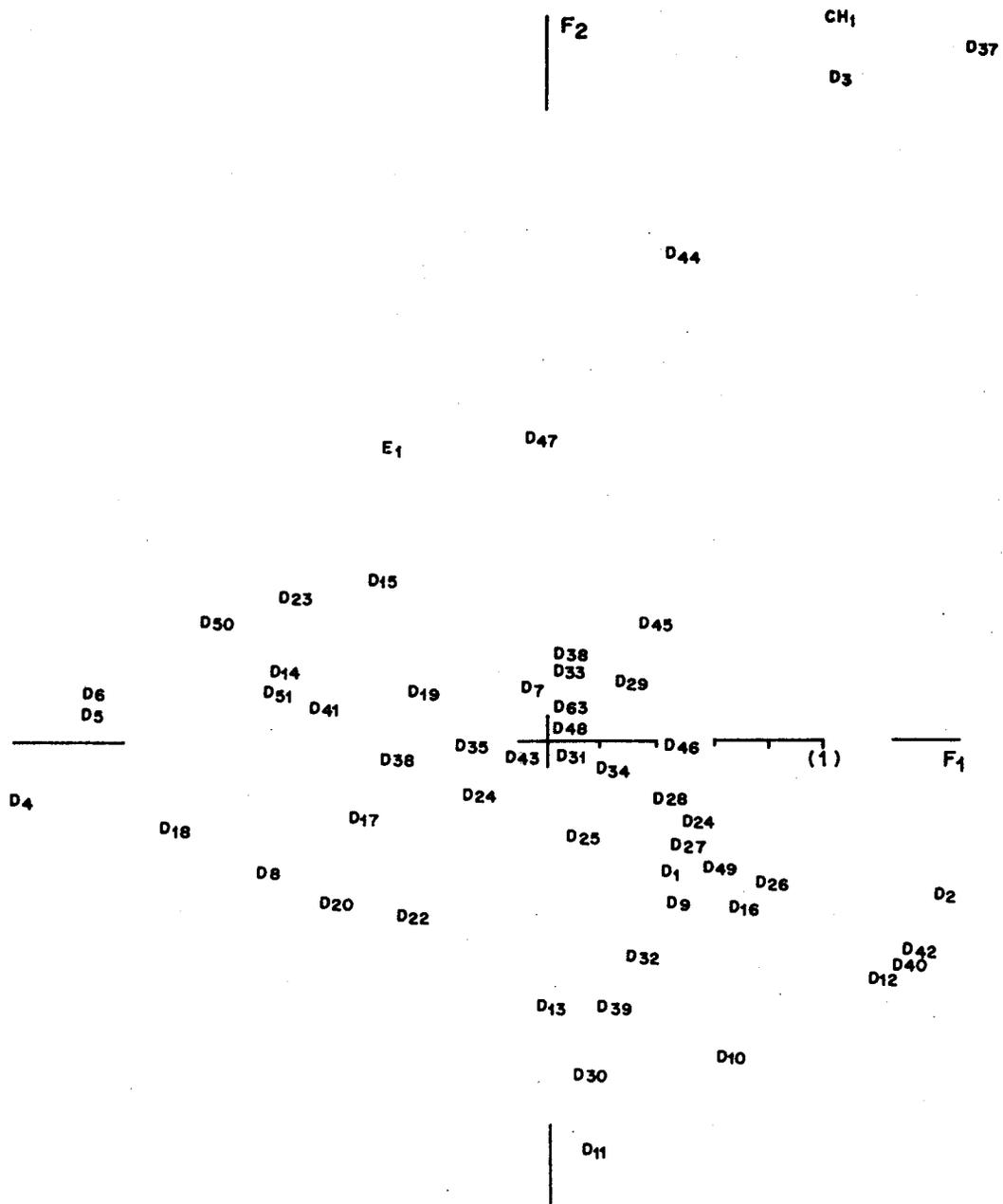


Figure 5: Typologie du peuplement algal de l'Oued Rdom : structure du nuage-espèces dans le plan 1x2 de l'AFC.

Cette dernière espèce abonde dans les eaux non polluées ou en étape finale d'auto-épuration (KAWECKA, 1981), oligotrophes (SHOEMAM, 1973) ou b-mesosaprobiques (FRIEDRICH, 1973).

Au deuxième groupement de relevés (station F2), correspondent les espèces polluo-résistantes: *Cyclotella styriaca*, *Nitzschia frustulum* et *Pinnularia borealis*.

La première espèce fait partie des diatomées, centriques qui, d'après de nombreux auteurs (HUSTED, 1943; FSERDINGSTAD, 1965; CHOLNOKY, 1968...), sont électives des milieux eutrophes et sont polluo-résistantes. *Nitzschia frustulum* appartient au groupe des N-hétérotrophes (CHOLNOKY, 1968) caractérisant les

eaux riches en matière organique (ARCHIBALD, 1971) et à valeur indicatrice indiscutable (COSTE, 1978).

Entre les deux groupements se situent des espèces euryèces ou qui abondent dans les stations R1, R2, R3 et W: *Achnanthes lanceolata*, *Neidium productum*, *Surirella ovata*, *Cymatopleura solea* ...

*Achnanthes lanceolata* préfère les eaux non polluées (SCHOEMAN, 1973) mais peut se rencontrer dans des environnements pollués (SCHRODER, 1939; WEHRLE, 1942; SORENSEN, 1948; KAWECKA, 1981). D'après BACHAUS (1968b), cette espèce tolère des quantités élevées de matière minérale et de faibles quantités de matières organiques, ce qui coïncide avec les caractéristiques de la station W.

Cette évolution spatiale est matérialisée par le passage d'un peuplement autotrophe, en zone "propre" (F1), à un peuplement hétérotrophe, en zone polluée (F2). Ces deux groupements sont donc des bio-indicateurs de pollution.

Dans le plan F1-F2, le gradient de saisonnalité est bien exprimé par le peuplement algal avec :

- un groupement hivernal et printanier dont l'espèce la plus frappante est *Surirella ovata*, qui est en Europe une forme sténotherme d'eaux froides (COSTE, 1978), elle se développent préférentiellement en février;
- un groupement estival: *Cyclotella styriaca*, *Pinnularia borealis*, qui tolèrent des températures plus ou moins élevées;
- un groupement tardif (*Calneis amphibiaena*, *Navicula placentalis*, *Roicosphenia carvata*, *Epithemia sorex*), qui atteint son développement optimum pendant l'automne (SHIRLEY & al., 1984).

Cette répartition est liée aux variations de la température et de la teneur en nutriments; cependant, elle peut être perturbée par l'action de la pollution qui masque dans la plupart des cas, les phénomènes saisonniers (DESCY, 1976a,b).

Les algues benthiques filamenteuses et bleues coloniales n'ont fait l'objet que d'une étude qualitative, basée sur le critère "présence absence", vu la difficulté d'obtenir des échantillons quantitatifs (DESCY, 1976a).

Parmi les espèces rencontrées, *Cladophora glomerata*, *Oscillatoria okeini*, *Lyngbia sp.* ... présentent une grande sensibilité à la pollution et une variation temporelle, surtout pour *Cladophora glomerata* qui abonde au printemps dans les stations peu polluées, alors que son développement s'arrête en hivers (CHUDYBA, 1965). Ces algues présentent des variations spatiales importantes en fonction de la vitesse du courant, de la quantité de lumière reçue et de la nature du substrat (DESCY, 1976a).

## CONCLUSION

Les différents résultats de l'étude du peuplement algal montrent qu'en amont de Méknès, les eaux du Boufekrane sont considérées comme relativement propres.

Après avoir traversé la ville, ces eaux harrient des charges importantes en matière organique et en sels nutritifs. Ces apports influencent largement la répartition des algues benthiques. La confluence des Oueds Ouislane et Boufekrane permet une dilution de la charge polluante de ce dernier suivie d'une autoépuration progressive plus en aval.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARCHIBALD, R.E.M. (1971) - Diatoms from the vaaldam catchment area Trans vaal, South Africa. *Bot. Mar.*, 14, 17-70.
- ARCHIBALD, R.E.M. (1972). - Diversity in some South african diatom associations and its relation to water quality. *Water Research*, 6, 1229-1238.
- BACKHAUS, D. (1968 b). - Okologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihre Beziehungen zur Milieu offerte. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl., 34, 130-149.
- CHOLNOKY, B.J. (1968). - Die ökologie des Diatomeen in Binnengewässern Weinhein. *J. Cramer Ed.*, 629 p.
- CHUDYBA, H. (1965) - *Cladophora glomerata* and accompanying algae in the Skawa river. *Acta hydrobiol.*, 7, Suppl., 1, 93-126.
- COSTE, M. (1978). - *Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes : Méthodologie comparée et approche typologique*. These doct. Fac. Sci. Tech. Univ. Franche-Comté, 143 p + 11 pl.
- COSTE, M. & LEYNAUD, G. (1974). - *Etudes sur la mise au point d'une méthode biologique de détermination de la qualité des eaux en milieu fluvial*. Rapport C.T.G.R.E.F. et AFBSN, Paris, 78p.
- DAKKI, M. (1985) - Sur le choix des données en biotypologie des eaux courantes par l'analyse factorielle des correspondances. *Bull. Ecol.*, 16, 285-296.
- DANOUNE, R. (1981). - Etude de trois bassins d'un jardin public de Rabat. *Attabea*, 39, 66-77.
- DESCY, J.P. (1975). - Intérêt des végétaux aquatiques dans la caractérisation de la qualité des eaux et principes des méthodes utilisées. In "*Principals and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses*". (Commission of the European Communities), Pergamon Press, Oxford and New York, 125-185
- DESCY, J.P. (1976 a). - Etude quantitative du peuplement algal benthique en vue de l'établissement d'une méthodologie d'estimation au cours belge de la Meuse et de la Sambre. In : *Recherche et Technique au service de l'Environnement*". CEBEDOC, Liège, 159-206.

- DESCY, J.P. (1976 B). - La végétation algale benthique de la Somme (France) et ses relations avec la qualité des eaux. *Mem. Soc. roy. Bot. Belg.*, 109, 43-47.
- EL MEZDI, Z. (1985) - *Etude hydrobiologique des Khetaras de la région de Marrakech*. Thèse de 3ème cycle, Fac. Sci. Marrakech, 169p.
- FEKHAOUI, M.; HAMMADA, S.; DAKKI, M. (1988). - Fonctionnement de l'Oued Sebou à l'aval de la ville de Fès: étude du peuplement d'algues benthiques. *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 12, 59-68.
- FJERDINGSTAD, E. (1965). - Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 50, 475-604.
- FRIEDRICH, G. (1973). - Okologische Untersuchungen an einem thermisch Anomalen Fliessgewässer (Erft Niederrhein) *Schr. Landeanst.. Gewässerk. Gewässerschutz Land., Nordrhein-Westfalen*, 33, 5-125.
- HAMMADA, S. (1987). - *Le peuplement d'algues benthiques d'un secteur pollué de l'Oued Sebou : typologie et valeur bioindicatrice*. Mem. CEA. Fac. Sci. Rabat, 47p.
- HUSTEDT, F. (1943). - Die diatomeen flora des flusssystemes der wese in Gebiet der hans estadt Bremen. *Abh. Naturw. Ver. Bermen*, 34, 3, 181-440.
- KAWECKA, B. (1981). - Sessile algae in European mountain streams. 2. Taxonomy and autoecology. *Acta hydrobiol.*, 23, 1, 17-44.
- LOUDIKI, M. & BOUTERFAS, R. (1993). - Dynamique des Diatomées planctoniques dans le lac - Reservoir Hassan 1er (Maroc). *Mem. Inst. Oceanogr. Paul Ricard*, 1993, 39-58.
- MAIFFI, M. & DARLEY, J. (1983). - La flore algale du bassin de la Menara à Marrakech. *Bull. Fac. Sci. Marrakech (Sect. Sci. Vie)*, 2, 187-202.
- MOUHRI, K.; DARLEY, J.; LE COHU, R. & LOUDIKI, J. (1990). - Desmidiées, en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux dans la région de Marrakech (Maroc). *Annl. Limnol.*, 26, 2-3, 109-118.
- PIERRE, J.F. (1972). - Hydrobiologie de la Menthe : les populations diatomiques du bassin de la Menthe, un essai de synthèse hydrobiologique. *Ann. Hydrobiol.*, 3, 1, 5-19.
- SCHOEMAN, F.R. (1973). - *A systematical and ecological with study of the diatom flora of Lesotha special reference to the water quality*. V. & R. printers, Pretoria, 365p.
- SCHROEDER, H. (1939). - Die algenflora der mulde : Ein Beitrag zur biologie sapprober flüsse. *Pflanzenforsch.*, 21, 1-88.
- SOMERS, D. (1972). - Contribution à la flore des algues de dayet Iffer et de l'Aguelmane Sidi Ali, deux lacs du Moyen Atlas au Maroc. *Bull. Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, 52, 3-4, 31-46.
- SORENSEN, T. (1948). - A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Det. Kgl. Danske Vidensk. Bil. Skr.* 5, 4, 1-34.
- SYMONS, F. (1973). - Study of the changes in the structure of two algal populations, anr-type factor analysis. *Hydrobiological*, 41, 1, 107-112.
- THIERY, A. (1982). - Les bassins de l'Agdal de Marrakech: description de deux écosystèmes lénitiques et comparaison des biocénoses. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, 1, 20-29.
- WEHRLE, E. (1942). - Algae in Gebirgsbachen Sü dost rende des Schwarzwaldes. *Beitr. Natur. Forsch. Oberrhengeb.* 7, 128-286.

#### Adresses des auteurs :

S. HAMMADA

Faculté des Sciences et Techniques  
Département de Biologie, Beni Mellal

M. DAKKI, M. FEKHAOUI, M-A. EL AGBANI

Département de Zoologie et Ecologie Animale,  
Institut Scientifique, B.P. 703, Rabat-Agdal.