

# Les aspects comportementaux de la toxicité aiguë du chrome chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.)

Mohammed FEKHAOUI

Mots-clés : Comportement, toxicité aigue, chrome, truite arc-en-ciel.

## ملخص

الجوانب السلوكية للتسممات العادة بالكروم عند الشروطة القزحية. يوضح الباحث في هذه الدراسة، سلوك الحيوانات المائية خاصة منها الأسماك عند تعرضها لتسممات فلزية حادة. لهذا الغرض تم إنجاز عدة رائزات سمامية بكتافات مختلفة بواسطة الكروم السادس عند الشروطة القزحية. تبدو الأعراض المسجلة في مختلف الرائزات (الإثارة البصرية، إفراز المخاط، الخ...) ذات أهمية قصوى عند التشخيص السريع للتسممات في الأوساط المائية.

## RESUME

Dans ce travail l'auteur met en évidence le comportement des organismes aquatiques en particulier les poissons, en présence d'une pollution métallique aiguë. Pour ce faire, un certain nombre de tests toxicologique ont été réalisés avec du Chrome hexavalent à différentes concentrations chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). Les symptômes relevés lors des différents essais (excitations visuelles, sécrétion de mucus, etc.) montrent l'importance de telles observations dans le diagnostic rapide des intoxications en milieu aquatique.

## ABSTRACT

**The appearance behaviour of the acute toxicity of chromium at rainbow trout.** In this work the author puts in particular in evidence the aquatic organism behavior fishes, in presence of a sharp metallic pollution. For that to make, a certain toxicological test number has been achieved with Chromium hexavalent to different concentrations at trout rainbow (*Salmo R. gairdneri*). The reveled symptoms in the different tests (visual excitations, mucus secretion, etc.) show the importance of observations in the rapid intoxication diagnosis in the aquatic system.

## INTRODUCTION

La majorité des cours d'eau marocaine connaissent actuellement une dégradation massive et importante à cause de rejets permanents, domestiques et industriels, sans traitement préalable. S'ajoute à ceci une législation difficilement applicable. Les nombreux travaux réalisés dans ce domaine ont montré l'acuité du problème (à titre d'exemple, dans le **Sebou** nous avons les travaux de DAKKI 1986; FEKHAOUI & al. 1986; NAYA 1988, FEKHAOUI 1990, dans le **Bou regreg** ceux d'EL AGBANI 1984, EZZAOUAK 1990, etc.). Cette pollution organique, mais surtout minérale présente aussi bien pour l'homme que pour les organismes aquatiques des risques toxiques certains.

Parmi ces rejets, les métaux lourds, agents bioaccumulatifs, constituent hélas un exemple concret. Si leur toxicité en termes de concentrations létale étant bien connues quoique mal décrite, le comportement des organismes vivants exposés à ces éléments et les symptômes qu'ils peuvent présenter sont souvent très difficiles à mettre en évidence sur le terrain.

Dans cette perspective, nous avons réalisé différents tests de toxicité aiguë pour étudier le comportement de la truite arc-en-ciel exposée à un élément métallique toxique à savoir le chrome.

## MATERIEL ET METHODES

Nous avons utilisé pour les différents tests des truites arc-en-ciel, saints, d'une longueur de 10 à 15 cm et pesant entre 20 et 50g. Ils sont acclimatés au préalable une semaine dans des grands bacs sous une charge de 5g de poisson par litre d'eau et dans les mêmes conditions dans lesquelles se déroulent les tests. Le milieu utilisé est une eau d'une dureté totale de 300 ppm de  $\text{CaCO}_3$  et un pH de l'ordre de 7.

Les poissons sont nourris quotidiennement excepté les 48 h précédent les tests. La mortalité durant l'adaptation est de l'ordre de 1 à 2%. Elle survient le plus souvent au cours des premières 48h; elle semble imputable au stress causé par le transport. Les intervalles de concentrations définies pour les tests sont :

Tableau I : Concentrations en Chrome VI utilisées dans les tests

<b>serie 1</b> (mg/l de Cr <sup>6+</sup> )	5	10	25
<b>serie 2</b> (mg/l de Cr <sup>6+</sup> )	50	100	150

Ces différentes concentrations sont obtenues par dissolution du bichromate de potassium de qualité "R.P.". Les tests sont réalisés en disposant 14 aquariums d'une capacité de 14 litres à raison de deux bacs par concentration plus deux bacs témoins.

Les milieux sont homogénéisés et chaque bac reçoit 4 poissons, ce qui porte à 8 poissons le nombre d'animaux testés par concentration. L'ensemble est placé dans des grands bacs "tampon" rempli d'eau renouvelable pour limiter les grandes variations de températures. Les poissons sont recensés d'heure en heure et les morts dénombrés. Les observations relatives aux comportements et aux différents symptômes que peuvent présenter les poissons sont notés.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### EFFETS SUBCLINIQUES

Au cours des différents tests de toxicité plusieurs observations et effets subcliniques (l'une des premières manifestations observables sur le terrain) ont été relevés. Ces réactions comportementales des truites en présence du chrome peuvent être classées en deux catégories.

#### Forte biodisponibilité en chrome (cas des concentrations 50, 100 et 150 mg/l)

Les manifestations les plus importantes observées sont :

##### Réflexe de fuite

Les poissons exécutent des sauts hors des bacs d'essai et semblent "essayer" de fuir. Cette réaction est due probablement à l'olfaction très développé chez les poissons (HARA & MAC DONALDS 1976). La présence de récepteurs sensoriels en contact immédiat avec le milieu ambiant sont à l'origine de cette réaction. Cependant, l'altération de la perception peut avoir des conséquences néfastes, particulièrement pour les poissons migrateurs, chez qui les possibilités de la remontée dépendent de leurs sens d'olfaction, visuel et auditif (HOAR 1975). Ceci a été étudié pour le cuivre par plusieurs auteurs (HARA & MAC DONALDS 1976, BARDACH & al. 1965).

##### Excitation visuelle

Après quelques heures d'expositions, les truites gardées à l'abri de tout stress visuel sont calmes. Cependant, toute excitation visuelle ou sensitive provoque des

réflexes violents et désordonnés pouvant s'accompagner de troubles moteurs. Le poisson nage en pivotant sur lui-même tout en exécutant des vrilles. Ceci a été observé en allumant la lumière dans la salle où se déroulent les "bio-essais". Elle dénote une hyper-excitabilité nerveuse due à un début de neurotoxicité.

##### Rythme respiratoire

Le rythme respiratoire connaît une importante modification; une accélération initiale suivie d'une réduction. Cet effet pourrait être corrélé avec le colmatage des branchies aussi bien qu'avec d'autres effets microscopiques. Le changement est similaire à celui qui se produit quand les poissons sont soumis à une hypoxie environnementale. Un tel effet témoigne d'une difficulté dans l'échange gazeux au niveau des branchies. De tels observations ont été étudiées par plusieurs auteurs. HUGHES & ADENY (1977) en exposant des poissons à des concentrations élevées de métaux observent un effet très marqué sur certains paramètres respiratoires, en particulier la fréquence de ventilation ainsi que le rythme cardiaque. VAN DER PUTTE & al. (1982) ont montré que parmi les altérations relevées chez des poissons exposés à des métaux lourds en particulier le chrome, des variations dans la fréquence de ventilation; plus la concentration est élevée plus la fréquence est importante.

##### Réflexe de "toux"

Des réflexes de "toux" ont été observés de temps en temps. Ce réflexe suggère une irritation de la membrane branchiale. La même observation a été relevée par BASS & HEATH (1977) pour le chlore. Ainsi, l'augmentation de réflexe de toux pourrait affecter le transport efficace d'oxygène au niveau des branchies, comme le réflexe entraîne un refoulement du courant de l'eau (DAVIS 1973).

##### Sécrétion du mucus

Une hypersécrétion de mucus très visible à la surface de l'eau des bacs et sur le corps et les branchies des poissons morts.

En effet, le mucus, qui constitue la barrière finale entre le poisson et son environnement, non seulement à la surface de l'organisme mais aussi au niveau des branchies (EDDY & FRASER, 1982), possède plusieurs fonctions, notamment la protection contre les parasites, les champignons et les bactéries (PICKERING, 1976) un rôle immunologique (FLETCHER & GRANT, 1968). Par ailleurs, sa production est une réponse à une irritation ou à une excitation par des agents tels que les métaux lourds. C'est un très bon chélateur de métaux, grâce à sa composition très riche en protéines tel que les glycoprotéines (PICKERING 1976, HARRIS & HUNT 1973).

Cependant, l'effet chélateur dont jouit le mucus à pour conséquence une coagulation et une précipitation du métal à la surface des branchies qui pourrait entraîner une mortalité par asphyxie (suffocation) en plus des effets microscopiques probables.

#### Faible biodisponibilité en chrome (cas des concentrations 5, 10 et 25 mg/l de Cr 6+)

Dans ces conditions, nous n'avons noté qu'une légère sécrétion de mucus et un changement dans le rythme respiratoire visibles à la fin des essais.

### TOXICITE AIGUE

La toxicité aiguë et la distribution tissulaire du Zinc,

du Cuivre et du Chrome chez la truite arc-en-ciel ont été largement étudiées dans des précédents travaux (FEKHAOUI 1983, FEKHAOUI & KECK 1986, FEKHAOUI & al. 1986, KECK & al. 1981)

En effet, la CL50 (DL 50) est l'un des principaux paramètres toxicologiques qui caractérise la toxicité aiguë de tout composé nocif.

La CL50-96h, du chrome qui est de l'ordre de 45 mg/l de Cr 6+ (FEKHAOUI & al, 1986). comparée avec celles obtenues par d'autres auteurs chez plusieurs espèces de poissons, permet d'établir partiellement un gradient de sensibilité (Tab. II).

Tableau II : Toxicité comparée du chrome vis à vis de plusieurs espèces de poissons.

Espèces	Paramètre	Concentration	Auteurs
<i>Brachydanio rerio</i>	CL 50-48h	>100	CAIRNS et SCHEIR (1965)
<i>Micropterus salmoides</i>	CL 50-48h	>100	FROOM et SCHIFFMANN (1958).
<i>Lepomis macrochirus</i>	CL50-96h	>100	PICKERING et HENDERSON (1966)
<i>Salmo gairdneri (adulte)</i>	CL50-96h	70	BENOIT (1976)
<i>S.gairdneri (jeunes)</i>	CL50-96h	45	Présente étude
<i>Fundulus heteroclitus</i>	CL50-96h	50	DORFMANN (1977)
<i>Pimephales promelas</i>	CL50-96h	45	ADELMANN et SMITH (1976)
<i>Alburnus albidus</i>	CL50-96h	40	LEGNANI et BIANUCCI (1975)
<i>Carassius auratus</i>	CL50-96h	35-40	ADELMANN et SMITH (1976) ; PICKERING et HENDERSON (1996)
<i>Morone saxatilis</i>	CL50-96h	35	HUGHES (1971)
<i>Lebistes reticulatus</i>	CL50-96h	30	PICKERING et HENDERSON (1966).

D'après ces résultats, il apparaît que Lebistes reticulatus (guppy) est la plus sensible. A l'inverse, Brachydanio rerio (poisson zèbre) et Micropterus salmoides (Black-bass) semblent être les plus résistantes.

Cependant, nous ne pouvons discuter avec précision ces résultats compte tenu du fait que certaines conditions expérimentales tel que le pH, la température, la dureté de l'eau ne sont pas connues, et qui ont une grande influence sur la toxicité des éléments métalliques en milieu aquatique.

### CONCLUSION

Ainsi, les résultats de nos tests nous ont permis de dégager plusieurs aspects importants du comportement des poissons en général et la truite arc-en-ciel en particulier en présence de teneurs importantes de métaux lourds en milieu aquatique, notamment le Chrome hexavalent. Les divers observations relevées, généralement difficiles à mettre en évidence sur le terrain, constituent un bon commémoratif pour l'orientation des diagnostics des pollutions métalliques aiguës.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADELMAN I.R., SMITH L.L. et SIESENNOP G.J. (1976)- Acute toxicity of sodium chloride, pentachlorophenol, guthion and hexavalent chromium to Fathead Minnows and Gold fish. *J.Fish. Res. Board of Canada*, 33, pp. 203-208.
- BARDACH J.E., FUJIYA M. et HALL A. (1965)-Detergents effects on the chemical senses of fish Ictalurus malates (le Sueur). *Sciences N.Y.*, 148, pp. 1605-1607.
- BASS M.L. et HEATH A.G. (1977)-Cardiovascular and respiratory changes in rainbow trout, *Salmo gairdneri* exposed intermittently to chloride. *Water Res.*, 11, pp. 497-502.
- BENOIT D. A.(1976)-Toxic effects of hexavalent chromium on Brouk trout, *Salvelinus fontinalis* and Rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Water Res.*, 10, pp. 497-500.
- CAIRNS J. et SCHEIER A. (1965)-A comparaison of the sensitivity to certain chemicals of adult Zebra danios and Zebra danio eggs with that adult Bluegill sun fish. *Notalae Natural Acad. Nat. Sci. Phil.* 381 p, 9.
- DAKKI M. (1986)- *Recherches hydrobiologiques sur le Haut Sebou (Moyen Atlas) : une contribution à la connaissance faunistique, écologique et historique des eaux courantes sud-méditerranéennes*. Thèse Etat, Fac. Sci., Rabat, 214 p.

- DAVIS J.C. (1973)-Sublethal effects of bleached kraft pulpmill effluent on respiration and circulation in Sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish. Res. B. Canada*, 30, pp. 369-377.
- DORFMAN D. (1977)-Tolerance of fundulus heteroclitus to different metals in salt waters. *Bull N.J. Acad. Sci.*, 22, pp. 21-23.
- EDDY F.B. et JOYCE E. FRASER (1982)-Sialic acid and mucus production in rainbow trout *Salmo gairdneri* in response to zinc and seawater. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73C, pp. 357-359.
- EL AGBANI M.A. (1984)-*Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Bou regreg (Plateau central marocain). Essai de Biotypologie*. Thèse 3ème cycle, Univ. C.B.Lyon I, 147p.
- 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 physique, chimique et biologiques de l'écosystème*. Thèse Etat Fac. Sci. Rabat, 165p.
- FEKHAOUI M., HAMMADA S. et DAKKI M. (1988)-Fonctionnement de l'Oued Sebou à l'aval de la ville de Fès: étude du peuplement d'algues benthiques. *Bull. Ins. Sci.*, Rabat, n°12, pp.59-68.
- FEKHAOUI M. , DEVAUX A. et KECK G. (1986)-Toxicité aigüe et distribution tissulaire du Cuivre lors d'intoxication subaiguë chez la truite arc en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, n°10, pp. 155-164.
- FEKHAOUI M. et KECK G. (1986)-Toxicité aigüe et distribution tissulaire du Chrome chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). *Bull. Inst. Sci.*, n°10, pp. 143-153.
- FEKHAOUI M. (1983)-*Toxico-cinétique de trois polluants métalliques majeurs, le chrome, le cuivre et le zinc chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.)*. Thèse 3ème cycle, U.C.B. Lyon I, 257 p.
- FLETCHER T C et GRANT P T; (1986)-Glycoproteins in the external mucus secretion of the plaice *Pleuronectes platessa* and other fishes. *Biochem. J.*, 106 p, 12.
- FROMM D. O; et SCHIFFMAN (1958)-Toxic action of hexavalent chromium on large mouth bass. *J. wildlife Manag.*, 22, pp. 40-44.
- KECK G., CHARVET D. et FEKHAOUI M. (1981)-Application des tests de toxicité aigüe au diagnostic toxicologique lors de mortalité de poissons. *Les colloques de l'INSERM: acute aquatic ecotoxicological test.*, vol. 106, pp. 541-551
- HARA T J et MAC DONALD S. (1976)-Olfactory responses to skin mucous substances in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 54, pp. 41-47.
- HARRIS J, WATSON A et HUNT S. (1973)- Histochemical analysis of mucus cells in the epidermis of brown trout *Salmo trutta*. *J.Fish. Biol.*, 5, pp. 345-351.
- HOAR W S (1975)-*General comparative physiology*. 2nd edn., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 848.
- HUGHES G M; et ADENEY (1977)-The effect of metals on the cardiac and ventilatory rythms of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and their responses to environmental hypoxia. *Water Research*, 11(12), pp. 1069-1077.
- HUGHES J.S. (1971)-Tolerance of striped bass, *Morone saxatilis*, larvae and fingerlings to nine chemicals used in pond culture. *Proc. 24th Ann. Conf. S.E. Game Fish. Comm.*, pp. 431-438.
- LEGNANI P et BIANUCCI F (1975)-Effect of the hydrogen ion concentration on the toxic effect of Chromium-anionic detergent mixtures on *Alburnus alburnus*. *Ig. Sanita. Publica* 31, pp. 73-82.
- NAYA A. (1988)-*Peuplements chironomidiens (Diptera) du bassin du Haut et Moyen Sebou: biotypologie et valeurs bio-indicatrices*. Thèse 3ème cycle, Fac. Sci., Rabat, 127p.
- PICKERING A.D. (1976)-Synthesis of N-acetyl neuramic acid from (14C) glucose by the epidermic of the brown trout (*Salmo trutta* L.). *Comp. Biochem. Physiol.*, 54B, pp. 325-328.
- PICKERING Q.H. et HENDERSON C. (1966)-The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm waterfishes. *Air Water Poll. Int. J.*, 10, pp. 456-463.

#### Adresse de l'auteur :

Laboratoire d'Hydrobiologie  
Dépt de Zoologie & Ecologie Animale  
Institut Scientifique, B.P. 703 Rabat Agdal  
MAROC

# 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 والردم. هذا العمل الذي أُنجز خلال المدة الفاصلة بين ديسمبر 1987 وأكتوبر 1988 مكن من الحصول على 63 نوعاً موزعة على أربعة مجموعات كبيرة. أما دراسة العشائر المقابلات مكن من إبراز مملاً للتلتوث توزع على طوله ثلاثة مجموعات من الأنواع: تجمع بالتلتوث وتجمع مقاوم للتلتوث 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 euryèques.

## ABSTRACT

**Spatio-temporal typology and bioindicati valuers of benthic algae of woi 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 à 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 Khettaras (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, dolomiques 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)

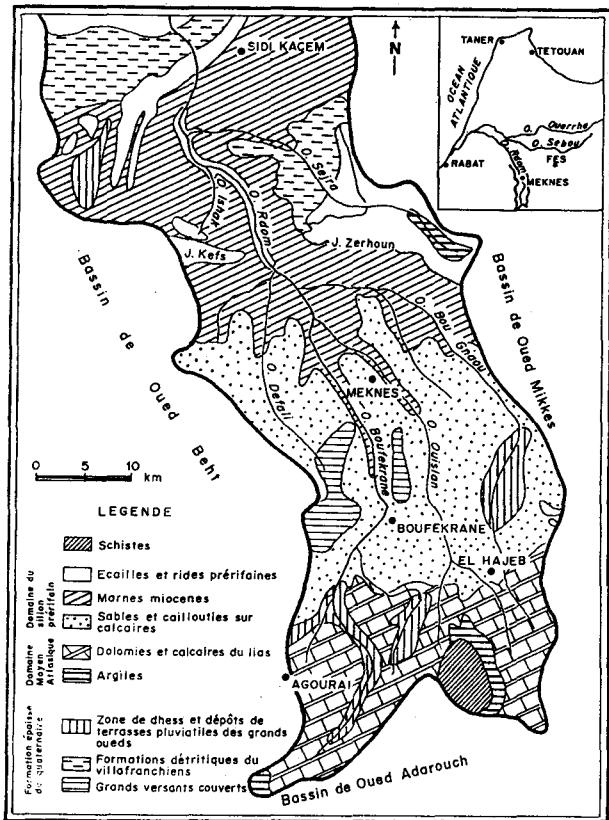


Figure 1: Morpholithologie du bassin du Rdom.

## 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 immersés (galets, blocs...), pris à diverses vitesses de courant. La surface grattée par prélèvement est de 16 cm<sup>2</sup>.

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

Au laboratoire, différents montages sont effectués, l'un dans du Napharax, 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 PEUPLEMENTS 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.

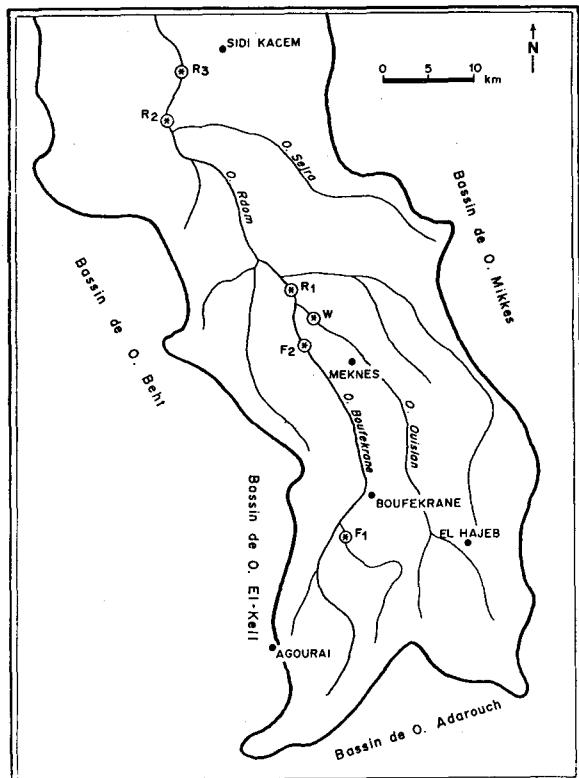


Figure 2: Localisation des stations d'étude.

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>		
Classe des DIATOMOPHYCEES		
Ordre des Coscinodisciales		
Famille des Coscinodiscacées		
<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) kütz	D1	
<i>Cyclotella meneghinina</i> kütz	D2	
<i>Cyclotella styriaca</i> Hust.	D3	
Ordre des Diatomales		
Familles des Diatomacées		
<i>Synedra pulchella</i>	D4	
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	D5	
Ordre des Biddulphiales		
Famille des Aulacacees		
<i>Terpsinoe musica</i>	D6	
Ordre des Achnantales		
Familles des Achnantacées		
<i>Achnanthes lanceolata</i> Breb.	D7	
<i>Cocconeis pediculata</i> Ehr.	D8	
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Hust.	D9	
<i>Roicosphenia curvata</i> (Kütz) Grun.	D10	
<i>Roicosphenia</i> sp.	D11	
Ordre des Naviculales		
Familles des Naviculacées		
<i>Anomooneis sphaerophora</i> (kütz) Peitzer	D12	
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) cleve	D13	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	D14	
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	D15	
<i>Gomphonema affine</i> kütz	D16	
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz) Racenh.	D17	
<i>Gomphonema brasiliense</i> var <i>demararae</i> Grun.	D18	
<i>Gomphonema constriatum</i> Ehr.	D19	
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyng.) kütz	D20	
<i>Gomphonema parvulum</i> (kütz) Hust.	D21	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (kütz) Rabh.	D22	
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (kütz) Rabh.	D23	
<i>Navicula conservacea</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 pseudocirrus</i> Manguin	D31	
<i>Navicula ryncocephala</i> Kütz	D32	
<i>Navicula viridula</i> Kütz	D33	
<i>Neidium auberti</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 sorex</i> kütz	D39	
Famille des Nitzchiacées		
<i>Nitzchia amphibia</i> Grun	D40	
<i>Nitzchia dissipata</i> (kütz.) Grun	D41	
<i>Nitzchia dissipatoides</i> Archibald	D42	
<i>Nitzchia fonticola</i> Grun	D43	
<i>Nitzchia frustulum</i> kütz	D44	
<i>Nitzchia hungarica</i> Grun	D45	
<i>Nitzchia linearis</i> W. Smith	D46	
<i>Nitzchia lionella</i> Cholnoky	D47	
<i>Nitzchia palea</i> kütz (wismuth)	D48	
<i>Nitzchia trybionella</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	

**CHLOROPHYTES**  
Classe des EUCHLOROPHYCEES  
Ordre des Chlorococcales

Famille des Scenedesmacées  
*Scenedesmus verrucosus* Roll.

CH1

Classe des ULOTHRICOPHYCEES  
Ordre des Chaetophorales

Famille des Chaetophoracées  
*Chaetophora* sp.

CH2

Ordre des Siphonocladales

Famille des Cladophoracées  
*Cladophora glomerata* (L.) kütz  
*Cladophora* sp.

CH3

CH4

**EUGLENOPHYTES**  
Classe des EUGLENOPHYCEES  
Ordre des Euglenales

Famille des Euglenacées  
*Euglena deses* Ehr.

E1

**CYANOPHYTES**  
Classe des CYANOPHYCEES  
Ordre des Chroococcales

Famille des Chroococcacées  
*Gleocapsa* sp.

CY1

Ordre des Nostocales

Famille des Rivulariacées  
*Homeoetrix* sp.

CY2

Famille des Oscillatoriacées

*Oscillatori*  
*a amoena* Gom.  
*Oscillatoriaria okeni* AG.  
*Oscillatoriaria* sp.  
*Lyngbia* sp.

CY3

CY4

CY5

CY6

Tableau II : Matrice des données utilisées dans la biotypologie du peuplement algal de l'oued R'dom.

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>

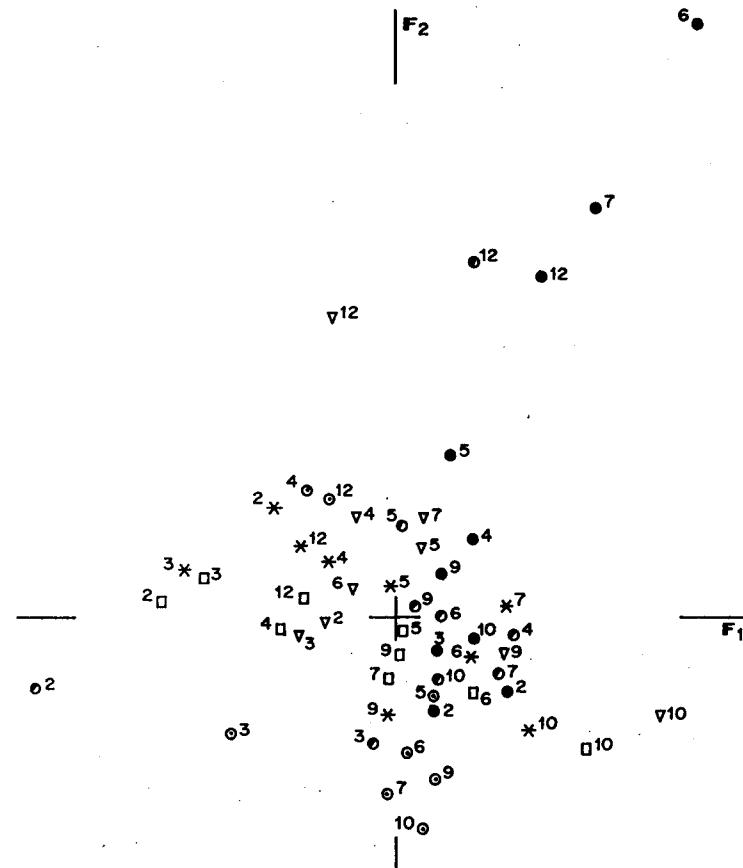


Figure 3: Biotypologie de l'Oued Rdom d'après le peuplement algal (structure du nuage-relevés dans le plan 1x2 de l'AFC).

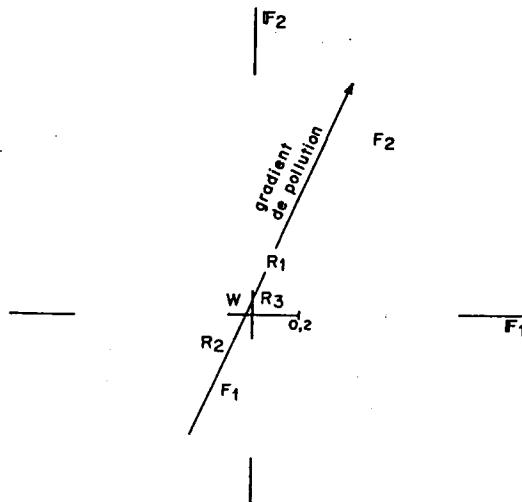


Figure 4: Biotypologie de l'Oued Rdom  
(positions moyennes des relevés d'algues  
de chaque station dans le plan 1x2 de l'AFC)

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'étiage.

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 polluo-sensibles, parmi lesquelles on citera *Roicosphenia curvata*, *Caloneis amphisbaena* et *Cocconeis placentula*.

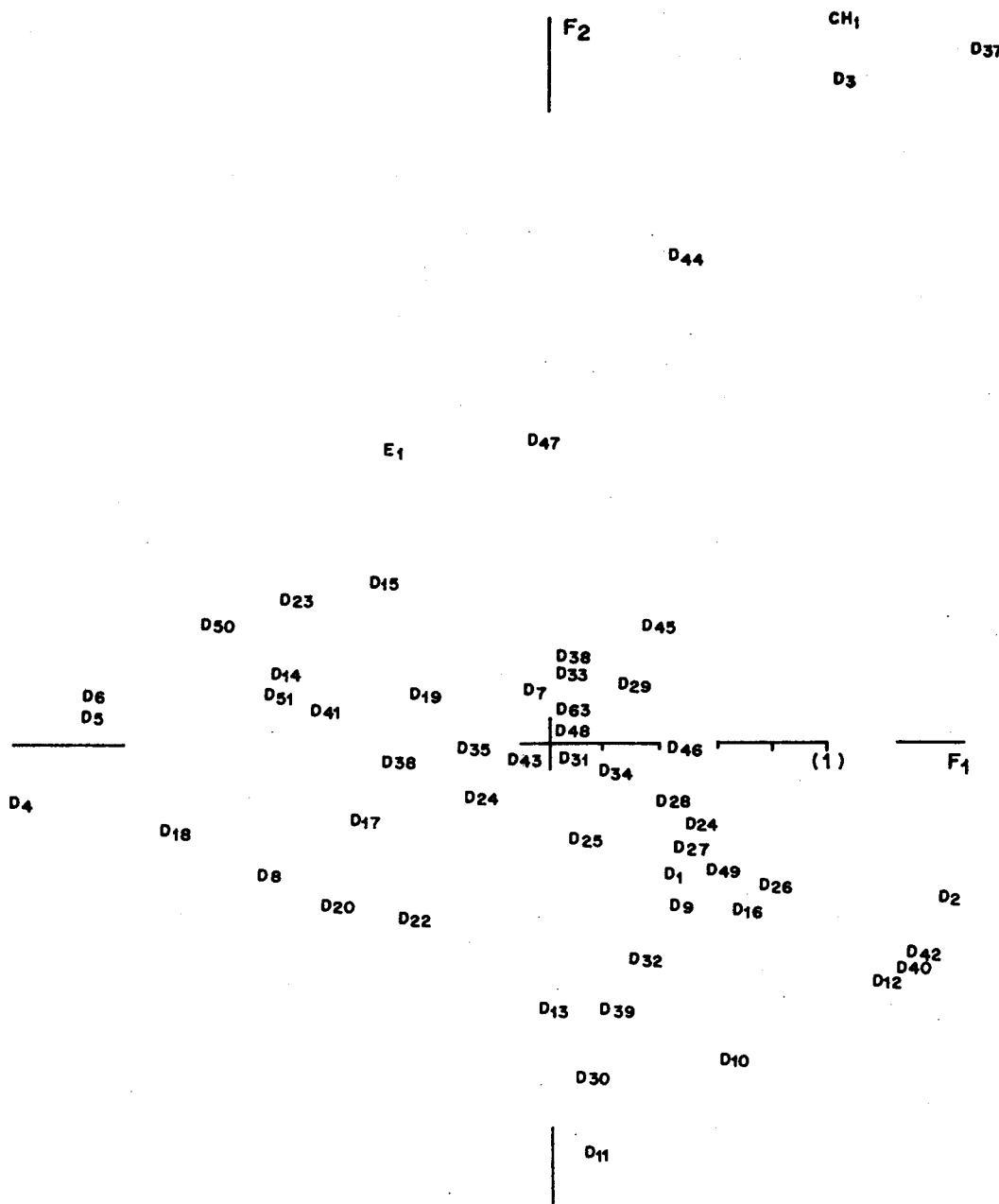


Figure 5: Typologie du peuplement algal de l'Oued Rdom : structure du nuage-espèces dans le plan 1x2 de l'AFC.

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: *Cyclotelle 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 amphisbaena*, *Navicula placentala*, *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 Weinheim. *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 Khettaras 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 flussystems 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). - Desmidées, en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux dans la région de Marrakech (Maroc). *Annls 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 Lesotho special reference to the water quality*. V. & R. printers, Pretoria, 365p.
- SCHROEDER, H. (1939). - Die algenflora der mulde : Ein Beitrag zur biologie saprober 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 biocenoses. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, 1, 20-29.
- WEHRLE, E. (1942). - Algae in Gebirgsbachen Sü döst 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.

- 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 Khettaras 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 flussystems 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). - Desmidées, en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux dans la région de Marrakech (Maroc). *Annls 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 Lesotho special reference to the water quality*. V. & R. printers, Pretoria, 365p.
- SCHROEDER, H. (1939). - Die algenflora der mulde : Ein Beitrag zur biologie saprober 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 biocenoses. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, 1, 20-29.
- WEHRLE, E. (1942). - Algae in Gebirgsbachen Sü döst 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.