

Fonctionnement de l'O. Sebou à l'aval de la ville de Fès : étude du peuplement d'algues benthiques

Mohamed FEKHAOU, Soumaya HAMADA
& Mohamed DAKKI

محمد فخاوي، سمية حمادة و محمد داكي

Mots clés : eau courante, chimie, algues, biotypologie, pollution, Maroc.

ملخص

دراسة آثار المياه الملوثة لمدينة فاس على الجودة الكيموفيزيائية وعشائر الطحالب القعرية لنهر سبو. من خلال هذا البحث يقدم المؤلفون دراسة آثار تلوث المياه المستعملة الأهلية منها والصناعية بمدينة فاس على الجودة الكيموفيزيائية لنهر سبو وبالأخص على عشائر الطحالب القعرية. لذلك قد تم خلال المدة الفاصلة بين دجنبر 1986 ويونيو 1987 أخذ عدة عينات بست محطات تم بواسطتها تحديد 47 نوعا طحلييا. ولقد أدت الدراسة الزمكانية، بواسطة تحليل المقابلات، لعشائر الطحالب إلى إبراز مجال التلوث (أو التصفية الذاتية) تتوزع بمحاداته الطحالب على شكل تكتلات حسب درجة احتماها للتلوث. ولقد أكدت كذلك هذه الدراسة أهمية الطحالب القعرية كأحياء كاشفة للتغيرات الحاصلة على الجودة الكيموفيزيائية للمياه السطحية.

RESUME

Dans ce travail, sont présentés les résultats de recherches sur l'impact des rejets urbains de la ville de Fès sur la qualité physico-chimique des eaux du moyen Sebou et plus particulièrement sur son peuplement algal benthique. Quatre campagnes saisonnières d'échantillonnage réalisées en 1986-87 dans six stations ont permis d'obtenir 47 espèces d'algues unicellulaires. Une étude biotypologique spatio-temporelle de ce peuplement à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances a mis en évidence un gradient de pollution (ou d'auto-épuration) le long duquel trois groupements d'espèces ont pu être déterminés : un groupement polluo-résistant et un groupement polluo-sensible aux deux pôles du gradient, séparés par un groupement d'espèces euryèces, à faible valeur indicatrice. Cette étude confirme également l'importance des algues en tant que révélateurs de pollution.

SUMMARY

Functioning of the middle Sebou river polluted by urban waste waters of Fès city : study of benthic algal communities. We present the impact of urban waste waters of Fès city on physical and chemical water quality of the middle Sebou, particularly on benthic algal communities.

During the period between december 1986 and june 1987, samples of water and algae have been taken in six stations. 47 taxa have been recorded. Spatio-temporal typology has shown three algal groups which are settled along a gradient of pollution; the polluo-resistant and polluo-sensitive groups being on the gradient poles. The eurytopic species are in intermediate position on the gradient. This finding confirm also the importance of algae in pollution studies.

INTRODUCTION

Les recherches algologiques ont débuté au Maroc très tôt par rapport aux autres recherches hydrobiologiques. Les premières listes d'algues d'eau douce d'Afrique du Nord ont été établies vers la fin du siècle dernier (BELLOC, 1893 ; PETIT, 1895). Parmi les plus importants

travaux consacrés à la flore marocaine, nous citerons ceux de HARIOT, (1909), GATTEFOSSE (1935), WERNER (1949) et surtout les recherches phytolimnologiques de GAYRAL (1954). Les eaux stagnantes furent leur principale cible et très peu d'entre eux (WERNER, 1949, en particulier) traitent des algues d'eaux courantes. Par ailleurs, tout ces travaux, lorsqu'ils s'inté-

ressent à l'écologie des algues, revêtent un caractère autécologique descriptif et peu d'entre eux ont porté sur des milieux pollués. Il nous a semblé donc utile, dans le cadre d'un projet d'étude du fonctionnement du moyen Sebou, d'accorder une importance particulière aux algues afin d'étudier leur comportement vis à vis d'une pollution urbaine chronique.

COURS D'EAU ETUDIÉ ET METHODES D'APPROCHE

Il s'agit d'un tronçon du cours principal de l'O. Sebou, cours d'eau du versant nord moyen-atlasique qui prend ses sources à 2100 m d'altitude. Le long de son haut cours, il traverse des terrains calcaires et marno-calcaires ; il reçoit à son cours moyen les eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès (550.000 hab.), véhiculées par l'O. Fès, véritable égout à ciel ouvert.

Six stations ont été choisies pour cette étude (Fig. 1).

— Station A : biotope de référence non pollué, situé sur le Sebou au pont «Portugais», à 221 m d'altitude, en amont de la confluence de l'oued pollué, O. Fès, avec le Sebou.

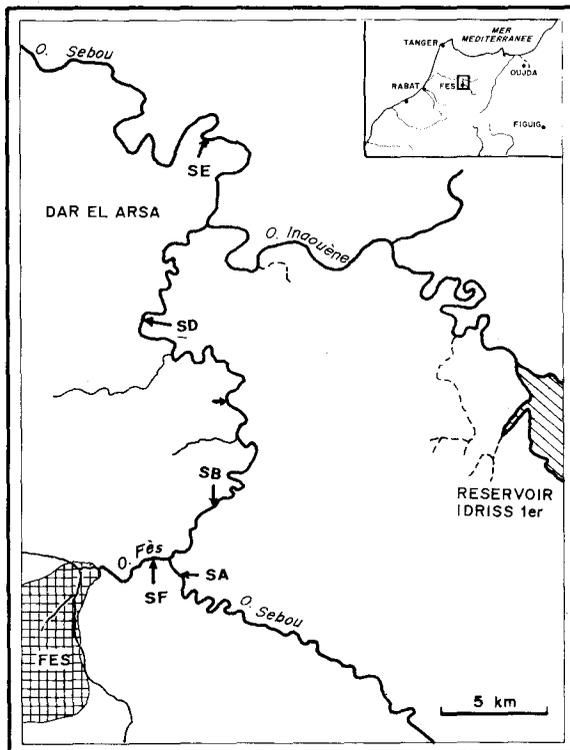


Figure 1. Situation géographique des stations d'étude.

— Stations F : la plus perturbée, située sur l'O. Fès à sa sortie de la ville.

— Stations B. C. D. et E : situées sur le Sebou en aval de sa confluence avec l'O. Fès et réparties sur une distance de 40 km.

Quatre campagnes de prélèvements d'algues périlithiques ont été réalisées dans les six stations, respectivement en décembre 1986 et février, avril et juin 1987. Au cours de chaque campagne, des paramètres physico-chimiques ont été relevés dans le but de caractériser le milieu récepteur. Les prélèvements de flore ont été effectués par grattage de la surface de cailloux pris à diverses vitesses du courant ; la surface totale grattée par station est de 16 cm². Les échantillons furent conservés dans du formol à 4% additionné de quelques gouttes de lugol pour être examinés au laboratoire.

RESULTATS ET DISCUSSION

CARCTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Paramètres physiques

- *Débit.* Les mesures de débit enregistrées au cours de la période d'étude (fig. 2) ont révélé un maximum en février 1987 (66,5 m³/s) et un minimum en décembre 1986 (10,8 m³/s).

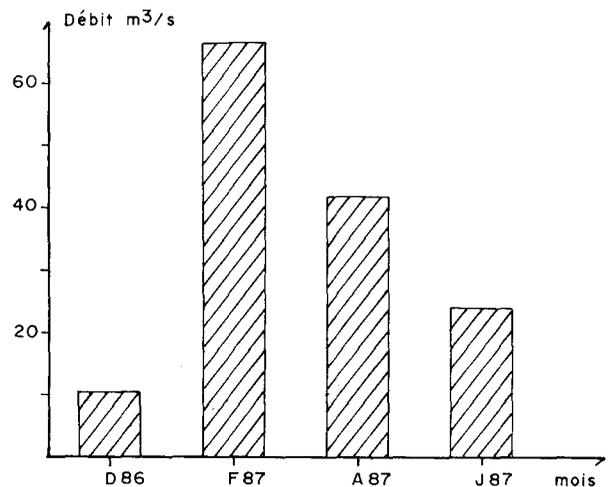


Figure 2. Débits enregistrés lors des campagnes d'étude (station hydrologique de Dar El Arsa).

- *Température.* (Fig. 3). Des mesures ponctuelles des températures diurnes entre 10h 00 et 15h 00, à l'occasion de chaque campagne de prospection, ont montré des variations saisonnières avec des valeurs oscillant entre 12°C (hiver) et 27°C (été). Les variations spatiales sont toujours de faible amplitude, avec toutefois une légère augmentation au niveau de la station F.

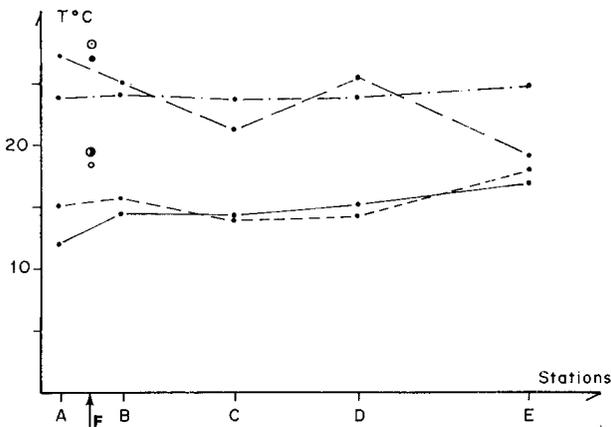


Figure 3. Variations saisonnières de la température (°C) dans Oued Sebou et Oued Fès.

- *Matière en suspension (M.E.S.)* (Fig. 4). Les teneurs les plus élevées, composées en majorité de matière organique, sont observées au niveau des stations F et B, avec des valeurs maximales de 790 et 840 mg/l respectivement. Plus en aval du site de rejet (st. B), on assiste à une décantation de cette matière le long du cours d'eau ; de ce fait, les fortes teneurs enregistrées en février 1987 (coïncidant avec une forte crue) au niveau des stations D et F (resp. 840 et 8900 mg/l) seraient dues à une remise en suspension des matières organiques décantées dans le secteur pollué plus en amont.

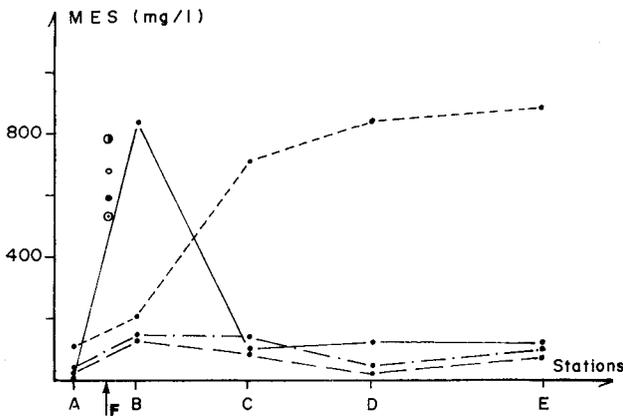


Figure 4. Variations saisonnières des matières en suspension (M.E.S.) dans Oued Sebou et Oued Fès.

Paramètres chimiques (Fig. 5)

En amont des rejets, la qualité chimique de l'O. Sebou (st. A) se caractérise par une bonne oxygé-

nation (11-14 mg/l), des faibles indices de pollution organique (DBO₅ et oxydabilité de l'ordre de 1,8 et 1,25 mg/l d'O₂ respectivement) et chimique (faibles teneurs en phosphates, ammoniac, chlorures, sulfates, ...). Les nitrates représentent la forme principale de l'azote. La minéralisation de l'eau est assez importante, vu la nature géologique essentiellement calcaire du bassin versant du Haut Sebou.

Au niveau de l'O. Fès (st. F), la qualité de l'eau est très dégradée. On enregistre un fort déficit en oxygène (0,2-0,9 mg/l), des charges excessives en matières organiques (DBO₅ = 310-340 mg/l d'O₂ et oxydabilité = 60-70 mg/l d'O₂) et minérales (sulfates, phosphates et chlorures très abondants) et de fortes valeurs d'alcalinité, de dureté et de conductivité. Dans ces conditions d'anaérobiose, l'ammoniac est la principale forme de l'azote et enregistre ses valeurs les plus élevées (7,4-13,6 mg/l).

L'impact très important des rejets provenant de la station F sur l'O. Sebou se traduit au niveau de la station B par un effondrement des teneurs en oxygène, et une augmentation des indices de pollution organique (130-140 mg/l d'O₂ de DBO₅ et 29-30 mg/l d'O₂ d'oxydabilité) et chimique (fortes teneurs en phosphates, chlorure, sulfates, ...). L'ammoniac est à des teneurs plus faibles que dans l'O. Fès, marquant un début de nitrification.

Plus en aval, la situation s'améliore progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la st. B : on assiste à une régression de la DBO₅ et de l'oxydabilité (respectivement 1,4 - 4,5 et 1,25-1,5 mg/l d'O₂ à la st. E) et à un retour de la teneur en oxygène vers son état normal (11,6-14 mg/l d'O₂ à la st. E). L'ammoniac, les nitrites et les phosphates disparaissent progressivement, tandis que les nitrates deviennent de plus en plus prédominants pour devenir pratiquement la seule forme d'azote perceptible dans la station E. Les sulfates et les chlorures semblent être fixés par le lit de la rivière. Par ailleurs, certains paramètres, principalement ceux en relation avec la nature du substrat (chlorures, sulfates), semblent connaître des augmentations épisodiques en relation avec les apports de l'O. Inaouene qui draine des terrains salifères. La constance des valeurs du pH le long du cours d'eau doit sans doute être attribuée à l'effet tampon du complexe carbonates-bicarbonates.

L'amélioration progressive de la qualité de l'eau du Sebou témoigne d'une bonne intervention du phénomène d'auto-épuration, malgré la présence de substances toxiques, tels que des

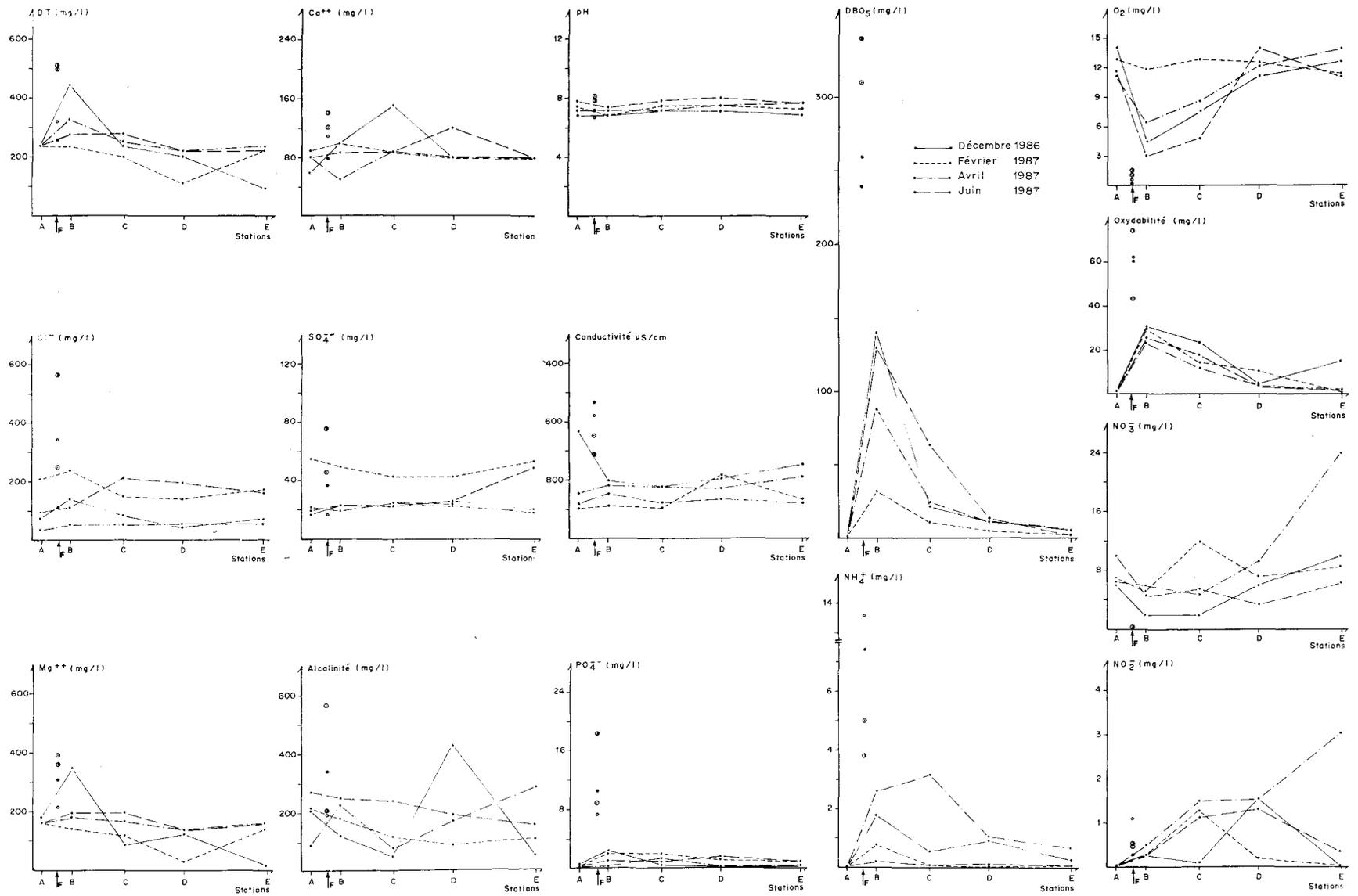


Figure 5. Variations saisonnières de différents paramètres chimiques dans l'Oued Sebou et Oued Fès.

métaux lourds, pouvant interférer dans la décomposition de la matière organique (voir FEKHAOUI et coll., sous presse). Cette récupération est aidée par les phénomènes de dilution par les eaux non polluées du haut Sebou, particulièrement en période des hautes eaux.

STRUCTURE BIOTYPOLOGIQUE DES PEUPELEMENTS D'ALGUES PERILITHIQUES

Dans le but de rechercher une structure biotypologique, nous avons élaboré une matrice

ternaire du type «flore x espace x temps» (voir DAKKI, 1985), à partir de 47 espèces, 6 stations et 4 campagnes de prélèvements (4 saisons), soit une matrice binaire «47 espèces x 24 relevés» (tab. I). Ce tableau a été traité à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.).

Le premier plan factoriel de l'analyse (Fig. 6 et 7) extrait, à lui seul, 37% de l'information exprimée par l'analyse, avec des inerties relatives de 21% pour l'axe 1 et de 16% pour l'axe 2. La projection des prélèvements sur ce plan montre que

Tableau I : Matrice des données biologiques (47 espèces x 24 relevés), réorganisée selon l'axe factoriel F₁ de l'A.F.C.

| | espèces | relevés | FF | FB | AF | DF | JF | JB | JC | JD | AB | DB | DC | AC | JE | AE | DE | AD | DD | AA | JA | DA | FC | FD | FA | FE | |
|---|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Groupe I | <i>Nitzschia palea</i> (Kutz) W. Smith | | 11 | 12 | 22 | 21 | 13 | 26 | 25 | 11 | 31 | 24 | 23 | 28 | 11 | 19 | 11 | 24 | 18 | | | | | | | | |
| | <i>Synedra ulna</i> (Ehr) | | 11 | 10 | 27 | 15 | | 12 | 11 | 6 | 14 | 14 | 13 | 14 | | 13 | 10 | 13 | 11 | 10 | 9 | 11 | | | | | |
| | <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow | | | 11 | | | | 18 | 16 | | 12 | | | 11 | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Navicula seminulum</i> Grunow | | | | | | | 21 | 22 | | 27 | 25 | 23 | 16 | | 9 | 10 | 9 | | | | | | | | | |
| | <i>Euglena deses</i> (Ehr) | | | | | | | | | | 12 | 11 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Achnanthes lanceolata</i> Breb | | | | 20 | 19 | 16 | | 25 | 24 | 24 | 32 | 23 | 23 | 32 | 17 | 20 | 19 | 30 | 22 | 20 | 16 | 19 | | | | |
| | <i>Cyclotella styriaca</i> Hust | | 9 | | | | | | | | | 12 | 9 | 9 | 12 | | 7 | 9 | 10 | 9 | | | | | | | |
| | <i>Nitzschia hungarica</i> Grunow | | | | 8 | 9 | 7 | | 20 | 19 | | 13 | 14 | 14 | 13 | | 11 | 13 | 12 | | 11 | 12 | 11 | | | | |
| Groupe III | <i>Nitzschia fonticola</i> Grunow | | | | | | | 18 | 16 | 8 | 12 | | | 11 | | 9 | 10 | | 7 | 7 | | | | | | | |
| | <i>Navicula mutica</i> (Kutz) | | | | | | | 17 | 16 | | 19 | 16 | 15 | 18 | | 10 | 11 | 11 | 10 | | | | | 9 | | | |
| | <i>Closterium calosporum</i> Witt | | | | | | | 9 | 12 | 8 | | 7 | | | | | | | | | 10 | 9 | | | | | |
| | <i>Oocystis</i> sp. | | | | | | | 25 | 24 | | 27 | 13 | 13 | 26 | | 13 | 9 | 22 | 11 | 14 | 11 | 8 | | | | | |
| | <i>Gomphonema parvulum</i> (Kultz) Grunow | | | | | | | 15 | 20 | 11 | 20 | 14 | 17 | 25 | 10 | 14 | 10 | 18 | 13 | 15 | | 12 | | | | | |
| | <i>Gomphonema acuminatum</i> (Ehr) | | | | | | | 12 | 15 | | 17 | 13 | 9 | 17 | | | 15 | 13 | 11 | 11 | 11 | 10 | | | | | |
| | <i>Cocconeis placentula</i> (Ehr) | | | | | | | 11 | 10 | 9 | 13 | 12 | 12 | 14 | 10 | | 15 | 10 | 14 | 12 | 12 | 10 | 11 | | | | |
| | <i>Cymbella cuspidata</i> var. <i>anglica</i> (Lagst) Cleve-Euler | | | | | | | 10 | | | 13 | 13 | | | | | | 10 | 11 | | 8 | 12 | | | | | |
| | <i>Gomphonema olivaceum</i> (Lynb) Kutz | | | | | | | 15 | | | 17 | 12 | 13 | 20 | 8 | | 16 | 12 | 15 | 12 | 15 | 15 | 12 | | | | |
| | <i>Stauroneis anceps</i> Ehrbg | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 | | | | |
| | <i>Croococcus turgidus</i> (Kutz) Nag | | | | | | | 12 | | | 17 | 12 | | | | | 14 | 11 | | 13 | 10 | 10 | | | | | |
| | <i>Amphora ovalis</i> (Kutz) | | | | | | | 7 | 11 | | 11 | 10 | 10 | 11 | 9 | | 11 | 9 | 13 | 12 | 16 | 9 | 13 | | | | |
| | <i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>limanensis</i> O. Mull | | | | | | | | | 12 | 10 | 9 | 11 | | 11 | | 11 | 10 | 10 | 9 | 10 | | 8 | | | | |
| | <i>Cymbella prostrata</i> (Berkley) Cleve | | | | | | | 12 | 12 | | 17 | 14 | 12 | 15 | | | 11 | 10 | 15 | 19 | 21 | 14 | 19 | | | | |
| | <i>Achnanthes brevipes</i> Agardh | | | | | | | | | | 11 | | | | | 11 | | | | | | 14 | | | | | |
| | <i>Cymbella ventricosa</i> Kutz | | | | | | | 13 | | | 10 | | 11 | 15 | 8 | | | | | | 14 | 13 | 13 | | | | |
| | <i>Surirella robusta</i> (Ehr) | | | | | | | 9 | 9 | | | | | | | 10 | 9 | | 8 | | 9 | 11 | | | | | |
| | <i>Gomphonema affine</i> (Kutz) | | | | | | | | | | | | | | 19 | | | 12 | 14 | 11 | | | | | | | |
| | <i>Caloneis silicula</i> (Ehr) Cleve | | | | | | | | 12 | | 12 | 10 | 13 | 14 | | | 21 | 18 | 14 | 14 | 13 | 13 | 17 | | | | |
| | <i>Cosmarium vexatum</i> West | | | | | | | 13 | 14 | 14 | 13 | 11 | 11 | 12 | | | | | 11 | 11 | 14 | 15 | 12 | | | 11 | |
| | <i>Cymbella cistula</i> (Hemprich) Grunow | | | | | | | | | | 11 | 14 | 13 | | | | 9 | 7 | | | 11 | 12 | | | | | |
| | <i>Navicula cryptocephala</i> (Kutz) | | | | | | | 12 | 11 | 6 | 15 | 13 | | 16 | | | 14 | 9 | 10 | 10 | 13 | 7 | 12 | | 10 | 9 | |
| | <i>Gomphonema tetricatum</i> (Kutz) | | | | | | | | | | 14 | | | 10 | | | | 14 | 12 | 14 | 7 | 7 | | | | | |
| | <i>Diatoma vulgare</i> var. <i>producta</i> Grunow | | | | | | | | 10 | | | | 15 | 10 | | | 9 | 8 | | 8 | 14 | 8 | 14 | | | | |
| | <i>Diatoma vulgare</i> var. <i>brevius</i> Grunow | | | | | | | | | | 12 | 9 | 11 | 10 | | | | 10 | 8 | 11 | 13 | 11 | 9 | | | | |
| | <i>Surirella ovata</i> (Kutz) | | | | | | | | | | | 15 | 15 | | | | | 16 | 15 | 11 | 16 | 11 | 9 | 9 | | | 10 |
| <i>Gomphonema augustatum</i> var. <i>intermedium</i> Grunow | | | | | | | | | | | | | 19 | 12 | | 19 | 18 | 19 | 13 | 20 | 14 | 17 | | | | | |
| <i>Cymatopleura salea</i> (Breb) W. Smith | | | | | | | | 7 | | | | | | 6 | | | | | 14 | 8 | 9 | 7 | | | | | |
| <i>Roicosphenia curvata</i> (Kutz) Grunow | | | | | | | | | | | 7 | | | 15 | | | | | | 11 | 11 | 15 | | | | | |
| <i>Anomooneis spherophora</i> (Kutz) | | | | | | | | | | | | 12 | 16 | | | 10 | 14 | 9 | 14 | 10 | 9 | 17 | | | 11 | | |
| Groupe II | <i>Anomooneis seriens</i> (Breb) Cleve | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 10 | | 7 | | | | | | |
| | <i>Gomphoneis herculanum</i> (Ehr) Cleve | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 | | | | | |
| | <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr) Cleve | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | 13 | 10 | 8 | 9 | 10 | | | | | |
| | <i>Amphora veneta</i> (Kutz) | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 9 | 9 | 9 | 11 | 11 | 10 | | | | | |
| | <i>Cymbella</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 9 | 9 | 12 | | 11 | | | | | |
| | <i>Achnanthes inflata</i> (Kutz) | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 10 | 14 | 21 | 14 | | | | | |
| | <i>Stauroneis acuta</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | 11 | 10 | 9 | | | | | |
| <i>Gyrostigma acuminatum</i> (Kutz) Rabh | | | | | | | | | | | | | | 10 | | 12 | 11 | 10 | 10 | 11 | 10 | 13 | | 11 | 13 | 9 | |

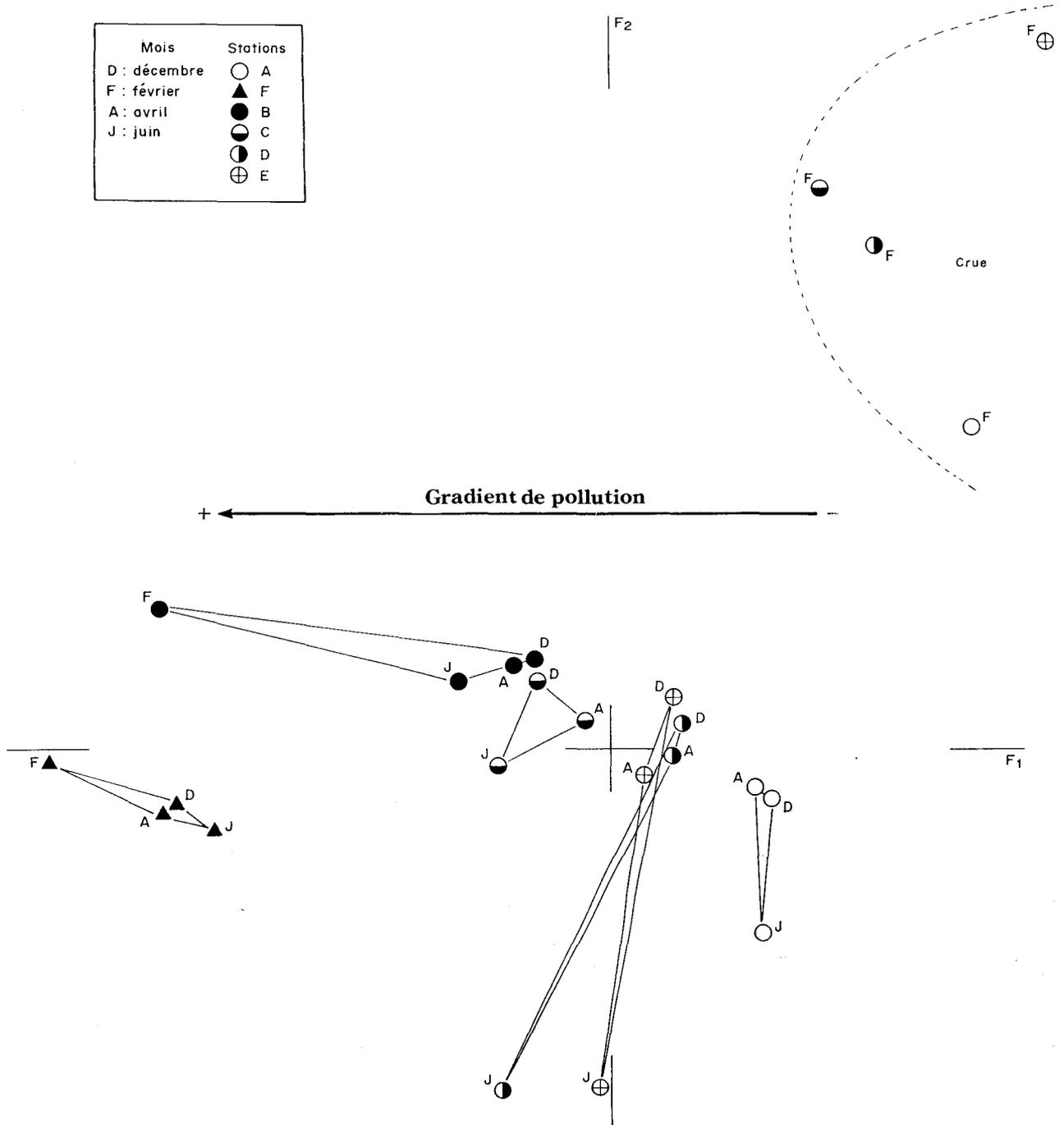


Figure 6. Distribution des prélèvements dans le plan $F_1 \times F_2$ de l'AFC.

les stations se distribuent le long de l'axe 1 selon un gradient de pollution, avec, à une extrémité, les prélèvements correspondant aux stations A (témoin) et E (la plus en aval, dont la

restauration est quasi-complète), et à l'autre extrémité les prélèvements correspondant aux stations F (la plus perturbée) et B (sous l'influence directe des rejets). Entre ces deux



Figure 7. Distribution des espèces d'algues dans le plan $F_1 \times F_2$ de l'AFC.

pôles, se placent les prélèvements effectués dans les stations C et D, de qualité physico-chimique intermédiaire.

Par ailleurs, dans ce même plan, s'observe l'effet des crues qui se traduit par l'homogénéisation spatiale des caractères physico-chimique et l'amortissement des effets de pollution par le

phénomène de dilution. C'est le cas des prélèvements du mois de février 1987 pour l'ensemble des stations, excepté F et B qui restent en permanence sous la pression des rejets de la ville de Fès. L'axe 2 exprime manifestement un gradient de saisonnalité, avec, du côté négatif, les prélèvements d'été et de l'autre les prélèvements hivernaux.

Les 47 espèces d'aigues doivent se distribuer dans le plan $F_1 \times F_2$ selon un gradient de sensibilité (ou de résistance) à la pollution, représenté par l'axe 1.

Trois groupements d'espèces s'individualisent dans ce plan (fig. 7).

— Groupement GI. est situé du côté «pollué» du gradient et est composé d'espèces caractéristiques des milieux fortement enrichis en matière organique et accusant des déficits en oxygène. Parmi ces espèces, *Nitzschia palea* est considérée comme l'une des meilleures indicatrices de pollution (KAWECKA, 1981), principalement des zones alpha-mésosaprobiques, mais peut se trouver dans les zones poly- et bêta-mésosaprobiques (TUROBOYSKI, 1973). Elle domine également dans les eaux très riches en azote (SCHOEMAN, 1976) et est capable de résister à des teneurs en cuivre de l'ordre de 2,1 mg/l (SCHROEDER, 1939). *Synedra ulna* est un autre indicateur de pollution ; elle est constamment présente dans les eaux contaminées par les rejets usés domestiques (KAWECKA, 1981 ; BESCH & al., 1972) ; c'est une espèce des zones poly- et alpha-mésosaprobiques (BACKHAUS, 1968b). Dans ce même groupe, nous retrouvons également *Achnanthes lanceolata*, qu'on rencontre dans les eaux riches en matières minérales et plus ou moins pauvres en matière organique (BACKHAUS, 1968a), et *Navicula seminulum* reconnue polluo-résistante dans d'autres études (COSTE, 1975).

— Groupement GII. Situé du côté non (ou peu) perturbé du gradient de pollution, il rassemble plusieurs espèces qui peuplent habituellement les cours d'eau propres. Parmi celles-ci, *Amphora veneta*, *Gomphonema angustatum* et *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, se rencontrent dans les eaux oligotrophes (SCHOEMAN, 1973) ou au niveau des eaux marquant la phase finale de l'auto-épuration d'un cours d'eau (BUTCHER, 1947). Dans ce même groupe, nous trouvons également le genre *Cymbella* qui se développe très bien dans les cours d'eau propres (KAWECKA, 1981) et oligotrophes (CHOLNOKY, 1970) ; il indique des eaux riches en oxygène et peu minéralisées (SCHOEMAN, 1976).

— Groupement GIII. En position intermédiaire entre les deux précédents, il est composé d'espèces qui tolèrent peu les fortes teneurs en matières minérales et organiques. Par ailleurs, la

majorité de ces espèces ont des spectres écologiques très larges (espèces euryèces) comme *Cymbella ventricosa* (KAWECKA, 1981), *Cosmarium vexatum* (WEHRLE, 1942) ou *Cocconeis placentula*. Toutefois, cette dernière tolère des milieux riches en matière minérale, de dernière phase de l'auto-épuration (KAWECKA, 1981). Dans ce groupe, nous retrouvons également les deux Diatomées, *Diatoma vulgare* var. *brevis* et var. *producta*, qui selon BACKHAUS (1968b) sont des organismes d'eaux oligotrophes. Si *Gomphonema intricatum* est préférante des eaux riches en oxygène et pauvres en azote (SCHOEMAN, 1976), *Gomphonema parvulum* est une espèce à large spectre écologique, vivant aussi bien en eaux polluées que propres (KAWECKA, 1981). C'est une espèce indicatrice des milieux à fortes fluctuations des teneurs en azote (SCHOEMAN, 1976). *Navicula cryptocephala* est capable de tolérer des conditions écologiques variées (ARCHIBALD, 1971) et de vivre aussi bien dans des conditions hétérotrophiques que dans des conditions autotrophiques (CHOLNOKY, 1968).

CONCLUSIONS

Les différentes interprétations écologiques permettent de mettre en évidence des modifications progressives et continues du peuplement algal le long du secteur étudié. Elles ont montré l'existence de trois groupements dont deux, le polluo-sensible et le polluo-résistant, s'opposent nettement et peuvent être considérés comme typologiquement très significatif. Le groupement central est constitué par le plus grand nombre d'espèces ; celles-ci montrent une grande plasticité écologique.

La succession spatio-temporelle des communautés algales du moyen Sebou et la variation de leur structure reflètent fidèlement les différentes modifications hydrochimiques du milieu sous l'effet des rejets de la ville de Fès. L'assimilation de la charge polluante, principalement organique, dépend en partie du métabolisme de ces algues qui interviennent activement dans les processus d'amélioration de la qualité des eaux (épuration). Cette évolution spatiale s'est matérialisée par le passage d'un peuplement hétérotrophe et à faible diversité spécifique (facultatif) en zone polluée, à un peuplement autotrophe bien diversifié au niveau des stations les plus en aval qui présentent un degré d'auto-épuration élevé.

TRAVAUX CITES

- ARCHIBALD, R.E.M. (1971). - Diatoms from the Vaal dam catchment area Transvaal, south Africa. *Bot. Mar.*, 14, 17-70.
- BACKHAUS, D. (1968a). - Okologische untersuchungen an den aufwuchsalgen der obersten donau und ihrer quellflusse. 3 : Die algenverteilung und ihre bezie-hungen zur milieuofferte. *Arch. Hydrobiol.*, suppl. 34, 130-149.
- BACKHAUS, D. (1968b). - Okologische untersuchungen an den aufwuchsalgen der obersten donau und ihrer quellflusse. 4 : Systematisch autokologischer teil. *Arch. Hydrobiol.*, suppl., 251-320.
- BELLOC, F. (1893). - Recherches sur les algues d'eau douce des eaux thermales. et des eaux salées d'Algérie, de Tunisie et du Maroc, suivies d'une liste des Diatomées littorales. *Rev. Biol. N. de la France*, 5ème année et suivantes.
- BESCH, W.K., RICHARD, M. et CANTIN, R. (1972). -Benthic diatoms as indicators of mining pollution in the North west Miramichi River System, New Brunswick, Canada. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 57, 39-74.
- BUTCHER, R.W. (1947). - Studies in the ecology of rivers. 7 : the algae of organically enriched waters. *J. Ecol.*, 35, 186-191.
- CHOLNOKY, B.J. (1968). - Die ökologie der Diatomeen in Binnengeswassern. *J. Cramer Verl.*, 699.
- CHOLNOKY. (1970). - Bacillariophycées des marais du lac Bangweolo ; Bacillariophyceae from the Bangweulu swamps. *Explor. Hydrobiol. Bassin lac Bangweolo, lac Luapula*, 5, 1, 5-71.
- COSTE, M. (1975). - Sur la prolifération dans la Seine d'une Diatomée benthique tropicale : *Novivula confervacae* (kütz) Grunow. *Annls Limnol.*, 11, 2, 111-213.
- DAKKI, M. (1985). - Sur le choix des données en biotypologie des eaux courantes par l'analyse factorielle des correspondances. *Bull., Écol.*, 16, 4, 285-296.
- FELDMANN, J. (1946). - La végétation thiothermale de la source de Moulay Yacoub (Maroc). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 37, 29-34.
- FRIEDRICH, G. (1973). - Okologische untersuchungen an einem thermisch anomalen fliessgewässer (Erft Niederrhein. *Schr. landesanst. Sewässert Gewässerschutz Land. Nordrhein-westfalen*, 33, 5-125.
- GATTEFOSSE, J. (1935). - Contribution à l'étude de la flore cryptogamique du Maroc (Bryophytes, Algae, Lichens et Fungi). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 26, 3, 72-85.
- GAYRAL, P. (1954). - Recherches phytolimnologique au Maroc. *Trav. Inst. Sci. Chér., série Botanique*, 4, 305 p.
- GAUTHIER, L. (1930). - Note d'algologie marocaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 21, 189-192.
- HARIOT, R.L. (1909). - Sur une colletion d'Algues recueillies au Maroc par Buchet. *Bull. Museum de Paris*, 15, 128-130.
- KAWECKA, B. (1981). - Sessile algae in european mountain streams, 2 : taxonomy and autecology. *Acta Hydrobiol.*, 23, 17-46.
- PETIT, P. (1895). - Catalogue des Diatomacées du Maroc, d'Algérie et de Tunisie, Annexe à la flore de Bat-tondier et Trubal-Alger, Jourdan, 52.
- SCHOEMAN, F.R. (1973). - *A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotha with special refer-ence to the water quality*. Pretoria CSIR, 355 p.
- SCHOEMAN, F.R. (1976). - Diatom indicator groups in the assessment of water quality in the Jukskei-Crocodile River System (Transvaal, Republic of South Africa). *J. Limnol. Sou. Africa.*, 2, 21-24.
- SCHROEDER, H. (1939). - Die Algenflora der Mulde. Ein Beitrag Zur Biologie Saprobier Flüsse. *Pflanzen-forsch.*, 21. 1-88.
- TUROBOYSKI, L. (1973). - The indicators organisms and their ecological variability. *Acta Hydrobiol.*, 15, 259-274.
- WEHRLE, E. (1942). - Algae in Gebiergbachen am Sudost-trende des Schwarzwaldes. Beitr. Naterk. Forsch. Oberrheingeb., 128-286.
- WERNER, (1949). - Contribution à l'étude algologique de quelques rivières marocaines. *Le Botaniste*, 34, 367-374.

Adresse des auteurs :

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