

## STRUCTURE DE LA TAXOCENOSE PHYTOPLANCTONIQUE DU LAC ICHKEUL

par

Amel BEN REJEB-JENHANI \*\*  
et Fredj KARTAS \*\*

Accepté : Juillet 1990

### ملخص

أجريت دراسة نوعية ووفرة وهيكلية تجمعات الطحالب المجهرية في بحيرة إشكل من شهر جانفي 1985 إلى شهر جوان 1988 وتبين أن هذه التجمعات هي في أغلب الأحيان غير منتظرة ومتكوّنة من صنف واحد . وبحكم تقلبات عوامل المحيط في بحيرة إشكل فقد يفرض على هذه التجمعات التكيف المتسمر وذلك بتعددية المراحل الأولى فيما يخص الهيكلية .

### RESUME

La nature, l'abondance et la structure des peuplements phytoplanctoniques du lac Ichkeul ont été étudiées durant la période qui s'étend de janvier 1985 à juin 1988. Les successions phytoplanctoniques sont le plus souvent imprévisibles et caractérisées par des populations à tendance monospécifique. Les conditions variables du milieu imposent aux peuplements une réadaptation continue traduite par la multiplicité des stades 1.

### ABSTRACT

Specific composition, density and structure of phytoplankton populations in lake Ichkeul were studied from january 1985 to june 1988. Phytoplankton successions are often unpredictable and characterized by populations with monospecific trend. The high frequency of «stage 1» in phytoplanktonic successions is the result of adaptations of algal cells to environmental variability.

Mots clés : Lac Ichkeul, phytoplankton, structure, indice de diversité spécifique, diagramme rang fréquence.

---

\*\* Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Littorale. Faculté des Sciences de Tunis. Campus universitaire — 1060, Tunis.

## I — INTRODUCTION

Par son importante étendue (8900 ha), sa faible profondeur (1,20 m en moyenne) et son mode d'alimentation en eau, le lac Ichkeul représente un véritable bassin d'eau saumâtre où règnent des conditions de vie très sélectives et contraignantes. Il est naturellement alimenté en eau douce par les pluies (60 millions de m<sup>3</sup>/an) et par 7 oueds (340 millions de m<sup>3</sup>/an) qui drainent un bassin versant de 8000 km<sup>2</sup>. L'oued Tinja joue un très grand rôle dans les mouvements des eaux entre la lac Ichkeul et la lagune de Bizerte. En effet, en été, suite à une forte évaporation et à une absence d'alimentation en eau douce, on assiste à un abaissement du niveau de l'eau et par conséquent à une entrée d'eau salée de la lagune vers le lac. En hiver, après les fortes précipitations, les oueds en crue se déversent dans le lac, entraînant une montée du niveau de l'eau et son évacuation par l'Oued Tinja. Les deux lacs sont en équilibre pour un niveau d'eau de 12.5 cm N.G.T. (Hollis *et al.* 1986).

La période comprise entre janvier 1985 et juin 1988 a été marquée, d'une part, par un régime hydrologique exceptionnel en 1987 où les importantes lachures d'eau douce en provenance du barrage de l'oued Joumine, qui ont duré 10 mois environ, ont abouti à un dessalement du milieu qui s'est traduit par un minimum précoce (2.8 ‰) en février et un maximum très faible (9.7‰) en octobre et, d'autre part, par une augmentation de la salinité hivernale et printanière en 1988 engendrée par le déficit hydrique consécutif aux aménagements du bassin versant programmés par le plan directeur des eaux du nord de la Tunisie (Ben Rejeb-Jenhani, 1989).

Vu l'importance du lac Ichkeul dont l'intégrité et l'originalité sont véritablement menacées par les diverses actions entreprises sur son bassin versant, il nous a semblé intéressant d'évaluer l'impact de ces aménagements sur la nature et l'abondance du phytoplancton qui y vit et de décrire son état trophique et sa stabilité écologique. Pour cela, nous avons utilisé différents descripteurs de la structure de la taxocénose phytoplanctonique.

## II — METHODOLOGIE

### 1 — Echantillonnage :

La station centrale de prélèvement dont le niveau d'eau est de l'ordre de 1.50 m en hiver et 1 m en été, est située au milieu d'une radiale reliant la pointe est du Jebel Ichkeul à la rive nord du lac (fig. 1). Les échantillons destinés à la détermination et au comptage du phytoplancton ont été récoltés près de la surface, au moyen de bouteille de 1 litre de capacité, tous les mois entre janvier 1985 et juin 1988.

### 2 — Analyse qualitative et quantitative du phytoplancton :

Les échantillons d'eau, préalablement fixés au formol 5 % sont mis à sédimenter dans des colonnes de sédimentation. L'observation microscopique est effectuée sur un microscope Wild M 40 selon la méthode mise en point par Uthermöhl (1958). Un oculaire réticulé, permettant le comptage le long d'un ou plusieurs diamètres de la lamelle selon l'abondance du phytoplancton a été utilisé.

### 3 — Descripteurs :

Parmi les outils servant à décrire l'évolution du niveau de structuration de la biocénose phytoplanctonique, nous avons employé les indices de diversité spécifique qui dépendent à la fois du nombre d'espèces et de leur abondance relative et les indices de diversité spécifique relative, ou équitabilité, qui correspondent au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale théorique. De plus il est fait recours à la description de la distribution des abondances spécifiques dont l'information peut être présentée sous forme de diagrammes rang-fréquence (Frontier, 1977).

#### 3-1 Indice de diversité spécifique :

Il représente la quantité d'informations apportées par un échantillon sur la façon dont les individus sont répartis entre diverses espèces. La valeur de la diversité permet d'apprécier le degré de maturité d'un peuplement. L'indice de diversité choisi est celui de Shannon et Weaver (1949) :

$$H_s = - \sum_{i=1}^{i=s} p_i \log_2 p_i$$

$$H_s = - \sum_{i=1}^{i=s} n_i/N \log_2 n_i/N$$

s : nombre des espèces observées dans un échantillon

N : nombre des individus dans l'échantillon

n<sub>i</sub> : nombre des individus appartenant à l'espèce i

#### 3-2 Équitabilité :

Elle est définie comme le rapport de la diversité réelle observée à la diversité maximale théorique. Cette dernière est égale à  $\log_2 N$  et correspond à la diversité d'un peuplement où les N espèces présentes auraient toutes la même fréquence relative (Daget, 1976). Elle s'exprime par :

$$E = H_s / \log_2 N ; N \text{ étant la richesse spécifique}$$

Selon Liyod et Ghelardi (1964), (in Travers 1971) l'équitabilité représente la possibilité qu'ont les individus de se répartir entre les différentes espèces, de telle façon que les espèces les plus rares tendent à être les plus communes et les plus communes à être les plus rares.

#### 3-3 Dominance :

Des estimations de dominance ont été faites à partir des formules :

$$S_1 = n_1 \times 100/N \text{ et } S_2 = (n_1 + n_2) \times 100/N$$

où n<sub>1</sub> et n<sub>2</sub> correspondent au nombre d'individus des deux espèces les mieux représentées et N le nombre total des individus dans l'échantillon.

### 3-4 Diagrammes rang-fréquence :

Pour évaluer le degré d'organisation du peuplement phytoplanctonique et la succession de ses stades évolutifs, les auteurs font souvent appel aux représentations graphiques, sortes de diagrammes représentant les fréquences relatives des espèces en fonction du rang de ces espèces rangées par ordre d'abondance décroissante.

Frontier (1977) reconnaît trois stades principaux dans une succession écologique :

Stade 1 : Le diagramme a une double courbure. La diversité spécifique est faible. Ce stade caractérise un peuplement juvénile. C'est le début de la succession.

Stade 2 : Il se traduit par une convexité qui va gagner toute la courbe. La diversité est maximale.

Stade 3 : Le diagramme tend à devenir rectiligne. La diversité est plus faible que dans le stade précédent.

## III — RESULTATS

### 1 — Analyse qualitative et quantitative

L'étude du phytoplancton du lac Ichkeul nous a permis de recenser 51 espèces phytoplanctoniques dont 32 Diatomophycées, 12 Chlorophycées, 3 Cyanophycées, 2 Dinophycées, 1 Euglenophycée et 1 Cryptophycée. Cette liste suscite deux constatations : tout d'abord, elle est relativement courte, le plancton du lac Ichkeul est peu diversifié, ensuite parmi les espèces énumérées les Diatomées constituent les éléments les plus importants de la production phytoplanctonique. En effet, elles représentent 65,9 % de la densité totale des espèces présentes, alors que le pourcentage des Chlorophycées par rapport au phytoplancton total n'est que de 19,6 %. Les autres groupes sont quantitativement faibles et ne dépassent pas 10 % de la densité totale. Cette microflore algale est caractérisée par des espèces nannoplanctoniques et cosmopolites à l'exception de quelques unes qui sont typiques des eaux saumâtres ou marines.

Tout au long de l'étude, la densité a oscillé entre  $1,4 \cdot 10^5$  cell.  $l^{-1}$  et  $23,5 \cdot 10^5$  cell.  $l^{-1}$ , (fig. 2).

La forte densité algale de l'hiver 1985, située entre 20 et  $23,5 \cdot 10^5$  cell.  $l^{-1}$ , est due presque exclusivement au seul développement des Diatomées et plus particulièrement des genres *Chaetoceros* et *Skeletonema*. Au printemps, la densité est moyenne et atteint la valeur de  $14 \cdot 10^5$  cell.  $l^{-1}$  en mai 1985. Au cours de cette période printanière la densité des Diatomées constituées surtout de *Cyclotella* et *Nitzschia*, diminue au profit de celle des Chlorophycées représentées par *Chlorella* et *Ankistrodesmus* qui se développent progressivement et atteignent leur maximum en mai 1985. En été et en automne, par contre, la densité des populations est plus faible et fluctuante; le minimum, de l'ordre de  $3 \cdot 10^5$  cell.  $l^{-1}$  est enregistré en octobre 1985. Ces faibles densités sont principalement dues à la présence, en nombre limité, des Diatomées pennées telles que les

genres *Nitzschia*, *Amphora*, *Navicula*, *Cocconeis* et secondairement des Dinophycées comme *Gymnodinium* et *Diplopsalis*. A partir du mois de novembre 1985, on assiste à une augmentation de la densité cellulaire ( $18.2^{\circ}$ , cell.  $1^{-1}$  en décembre) provoquée par la reprise du développement des Diatomées centriques.

L'hiver 1986-1987 est marqué par deux pics de densité, l'un en décembre 1986 ( $23.10^{\circ}$  cell.  $1^{-1}$ ) et l'autre en février 1987 ( $22,5.10^{\circ}$  cell.  $1^{-1}$ ) correspondant à deux poussées successives de Diatomées séparées par une dépression très nette en janvier 1987. Les Chlorophycées, dont le développement a été amorcé en février sont en pleine floraison le mois suivant.

Enfin, de juillet 1987 à juin 1988, la densité moyenne des populations a nettement diminué ( $8.10^{\circ}$  cell.  $1^{-1}$ ). Durant l'été et l'automne de l'année 1987, le milieu est surtout colonisé par les Chlorophycées alors que pendant l'hiver 1988, ce sont plutôt les Dinophycées qui dominent. Le printemps 1988, caractérisé par une salinité très supérieure à la moyenne habituelle, en raison du fonctionnement du barrage Joumine et des faibles pluies, se distingue par le développement des Cyanophycées et par une reprise de celui des Diatomophycées.

## 2 — Analyse de la structure des peuplements

### 2-1 Diversité spécifique :

Globalement, les peuplements phytoplanctoniques du lac Ichkeul présentent des diversités faibles et très fluctuantes, oscillant entre 0.5 et 2.12. Ces fluctuations se traduisent sur la figure 3 par une courbe en dents de scie. Les plus faibles valeurs de la diversité sont généralement observées quand une espèce pionnière, le plus souvent une Diatomée centrique, telle que *Chaetoceros* ou *Skeletonema*, se développe intensément aux dépens des autres espèces présentes dans le milieu, ce qui est très fréquent dans le lac Ichkeul. Cependant, lorsque les différentes espèces phytoplanctoniques, qui coexistent dans le milieu, sont toutes bien représentées quantitativement, la diversité augmente et atteint son maximum. C'est le cas par exemple du mois de juillet 1985 où la diversité qui était de 0.83 en mai atteint la valeur de 2.12 en raison de la codominance des genres *Gymnodinium*, *Amphora* et *Navicula*.

Notons qu'aucune corrélation entre les diversités et les densités des peuplements n'a été mise en évidence.

### 2 — 2 — Equitabilité :

Les peuplements phytoplanctoniques du lac Ichkeul présentent des équitabilités très variables d'un mois à l'autre, dépassant certaines fois la valeur de 0.8 qui est généralement considérée comme l'indice d'un peuplement équilibré. L'équitabilité minimale (0.27) est obtenue au mois de février 1987, où une espèce *Skeletonema costatum* a été plus nettement dominante que dans les autres mois (fig. 4).

L'évolution de l'équitabilité se fait parallèlement à celle de l'indice de diversité de Shannon et Weaver. Cependant, en septembre 1986, l'équitabilité est très élevée (0.99) tandis que la diversité est faible (1 bit. cell.  $^{-1}$ ). Cela est peut être dû au fait que malgré la stabilité du milieu, les espèces bien qu'équilibrées entre elles sont malgré tout peu nombreuses.

## 2 — 3 — Dominance :

L'évolution temporelle des deux mesures de dominance, qui évaluent l'abondance relative de l'une ou des deux espèces principales, présente un remarquable parallélisme (fig. 5). L'espace qui sépare les deux courbes correspond à l'importance relative de l'espèce classée seconde dans l'ordre d'abondance décroissante des espèces. A titre d'exemple, le mois de février 1985 est caractérisé par la pullulation de l'espèce *Skeletonema costatum*, où elle constitue 90 % du peuplement. Le genre *Navicula*, qui est classé second, ne représente que 5.1 % de l'effectif. Il en résulte un écart faible, entre les deux courbes. Cependant, l'espace, relativement important qui sépare les deux courbes du mois d'octobre 1986, traduit bien l'importance du genre classé second : *Chaetoceros* (29.3 %) par rapport au genre le plus dominant : *Nitzschia* (47.5 %). Notons que les dominances les plus fortes correspondent aux équitabilités et aux diversités les plus faibles.

## 2-4 : Diagrammes rang-fréquence :

Grâce à l'analyse conjointe des fluctuations de la diversité spécifique et des différents diagrammes rang-fréquence (fig. 6) nous avons pu délimiter les 3 stades caractéristiques de la succession saisonnière des communautés du phytoplancton définis par Margalef (1967). Les successions phytoplantoniques du lac Ichkeul, généralement incomplètes et difficiles à déterminer sont caractérisées par la multiplicité des stades 1. Ceci explique d'ailleurs la prédominance dans ce milieu de peuplements à tendance monospécifique. C'est le cas par exemple de la succession qui a eu lieu au printemps 1985. En effet, le stade 1 de cette succession débute en février (courbe 2), la faible diversité (0.65 bit.) et l'allure sigmoïde du diagramme traduisent la forte dominance de l'espèce pionnière *Skeletonema costatum*. A partir de mars (courbe 3) le peuplement se diversifie ( $H_s = 1.80$ ) avec régression de l'espèce de rang 1 (*Skeletonema*) et poussée de celles des rangs 2 (*Chlorella*), 3 (*Cyclotella*), 4 (*Ankistrodesmus*), 5 (*Hyaloraphidium*), 6 (*Crucigenia*). Il s'agit d'un stade intermédiaire entre les stades 1 et 2. L'abaissement de la branche supérieure gauche de la courbe 4, par rapport à la courbe précédente, ainsi que sa convexité reflètent l'existence d'une population en équilibre où les espèces responsables sont équitablement représentées dans le milieu. C'est le stade 2 de la succession où la diversité est de 1.82. Au mois suivant (courbe 5) un nouveau cycle se manifeste avec un redressement du graphe et une chute de la diversité ( $H_s = 0.83$ ) consécutifs à la pullulation de la chlorophycée (*Ankistrodesmus*). Ce stade 1 sera de même suivi de différentes étapes intermédiaires aboutissant à un stade 2 où la diversité atteint 2.12 (courbe 8). Le stade 3 de la succession n'a été observé qu'en novembre-décembre 1986 (courbes 15 et 16). Au cours de cette succession automnale, qui a pris naissance en septembre (courbe 13 :  $H_s = 0.62$ ) grâce au développement du genre *Nitzschia* on assiste à une augmentation de la diversité ( $H_s = 1.89$ ) traduisant l'installation d'un stade 2 (courbe 14).

Au mois de novembre et de décembre 1986, la diversité diminue ( $H_s$  est compris entre 1.13 et 1.34) et la convexité de la courbe représentant le stade précédent s'atténue pour aboutir à un redressement progressif du diagramme qui tend à devenir rectiligne, annonçant ainsi la fin de la succession.

#### IV — DISCUSSION

Le peuplement phytoplanctonique dans son ensemble est peu diversifié et est dominé par des espèces nannoplanctoniques, essentiellement du groupe des Diatomophycées et des Chlorophycées, fournissant un matériel de choix pour le zooplancton phytophage qui ingère plus facilement les algues de taille réduite.

Le dessalement qui a eu lieu au début de l'année 1987, a engendré des modifications au niveau de la nature et de l'abondance du phytoplancton. En effet, en plus de la régression de la densité cellulaire, on assiste à un changement de l'importance relative des classes responsables de la biomasse phytoplanctonique. A cette époque, on rencontre dans le milieu surtout des Chlorophycées, des Cyanophycées, des Dinophycées et plus rarement des Diatomophycées. Ce changement qualitatif du phytoplancton semble être dû à ces importants apports d'eau douce dans le lac, en provenance du barrage de l'oued Joumine.

Les différents descripteurs de l'évolution de la structure de la taxocénose phytoplanctonique tels que l'indice de diversité spécifique relative et les diagrammes rang-fréquence, nous ont permis de retrouver les trois stades caractéristiques de la succession saisonnière du phytoplancton.

Pendant, au cours de la période d'étude qui s'étend de 1985 à 1988, le stade 3 de la succession semble être difficile à atteindre dans la mesure où il n'a été observé qu'une seule fois. Le lac Ichkeul apparaît en cela comme un lac à caractère eutrophe. En effet, d'après Amblard 1987, la délimitation des différents stades en milieu eutrophe, est beaucoup plus aléatoire et la taxocénose ne paraît jamais atteindre un niveau de structuration élevé et durable.

En outre, dans le lac Ichkeul, où les eaux sont fréquemment brassées, les successions sont souvent limitées à des périodes relativement courtes et sont le plus souvent imprévisibles dans la mesure où la succession est souvent brisée par des perturbations physico-chimiques de l'environnement (Ben Rejeb-Jenhani, 1989), ceci explique la prédominance dans ce genre de milieu, de peuplements à tendance monospécifique dont les principales espèces sont aptes à résister à des perturbations ou alors à se reconstituer rapidement telles que certaines Diatomées centriques, comme les *Chaetoceros* ou les *Skeletonema*.

On peut conclure, que les conditions variables de milieu dans le lac Ichkeul imposent aux peuplements une réadaptation quasi-continue qui se caractérise, sur le plan structural, par la multiplicité des stades 1 et 2.

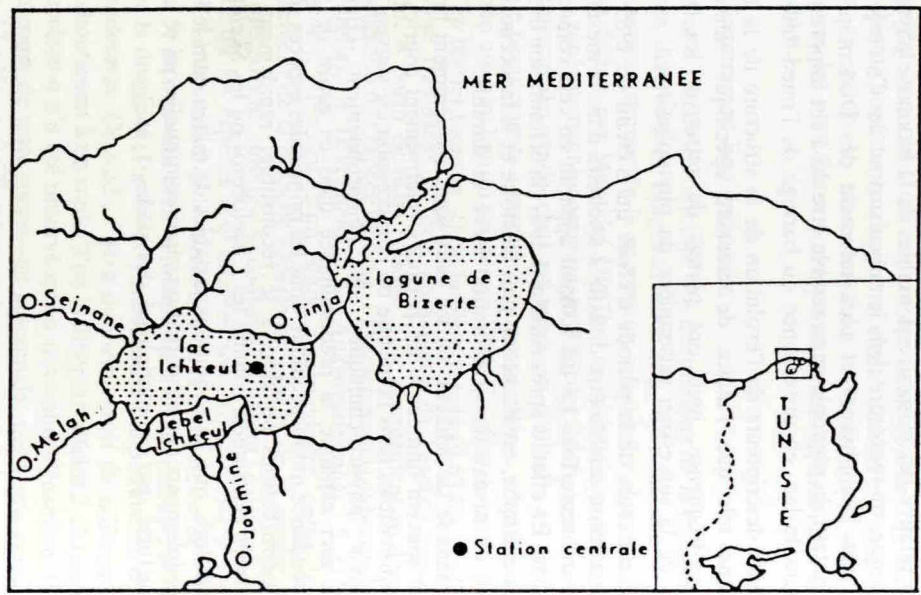


Fig. 1 : Situation du lac .

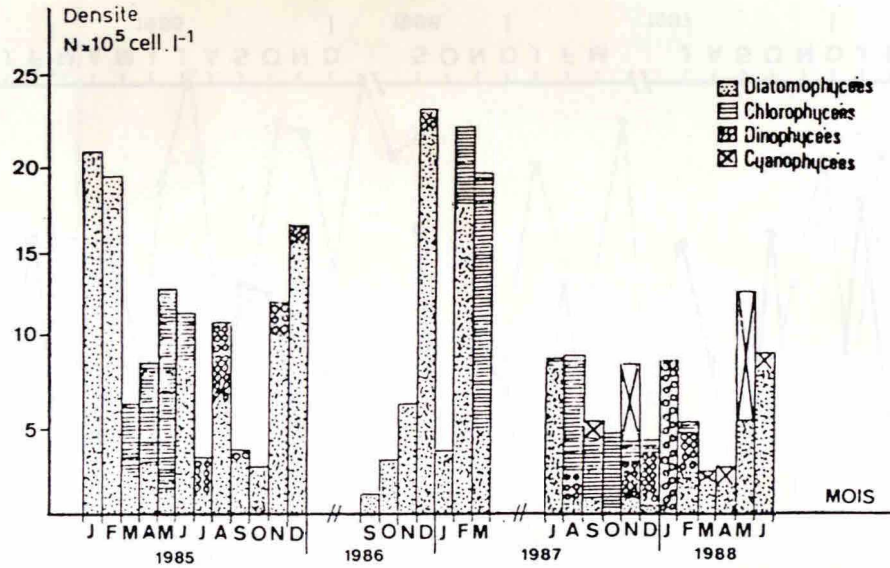


Fig. 2 : Evolution temporelle de la densité cellulaire des différentes classes phytoplanctoniques.

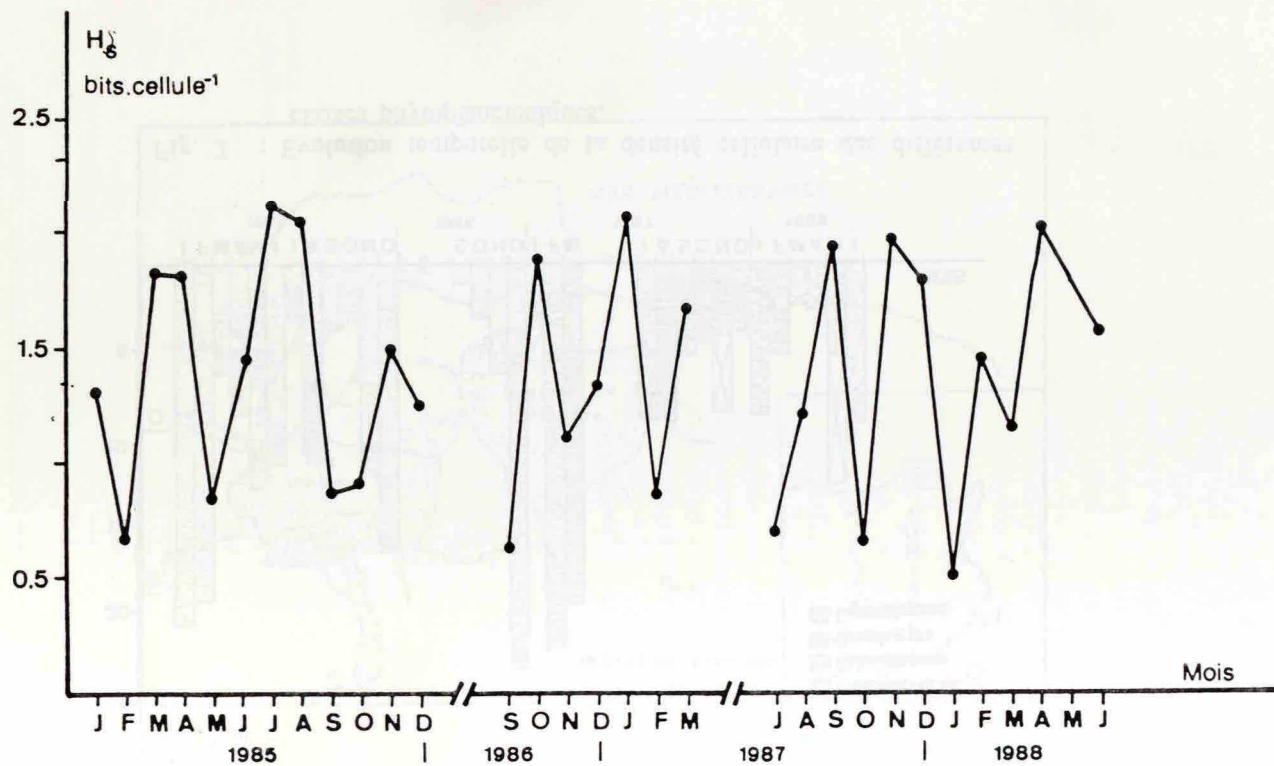


Fig. 3 : Evolution temporelle de la diversité spécifique,  $H_s$ .

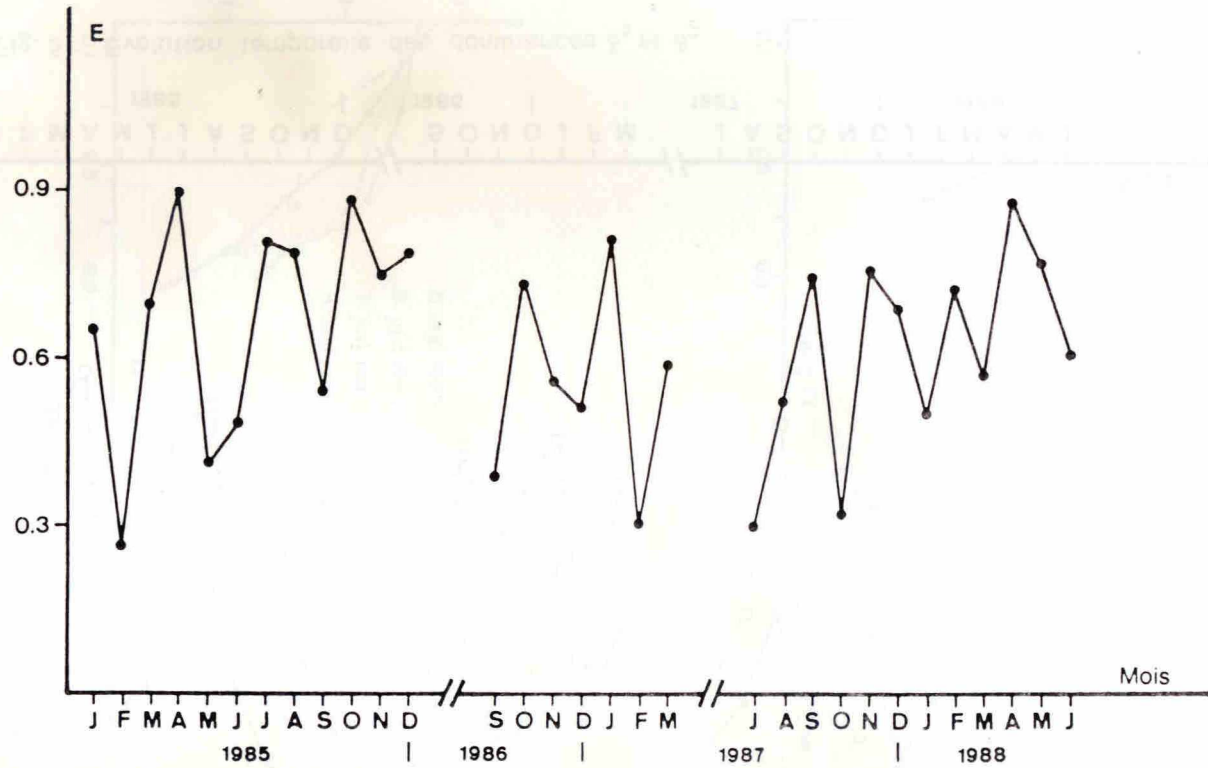


Fig. 4 : Evolution temporelle de l'Equitabilité, E.

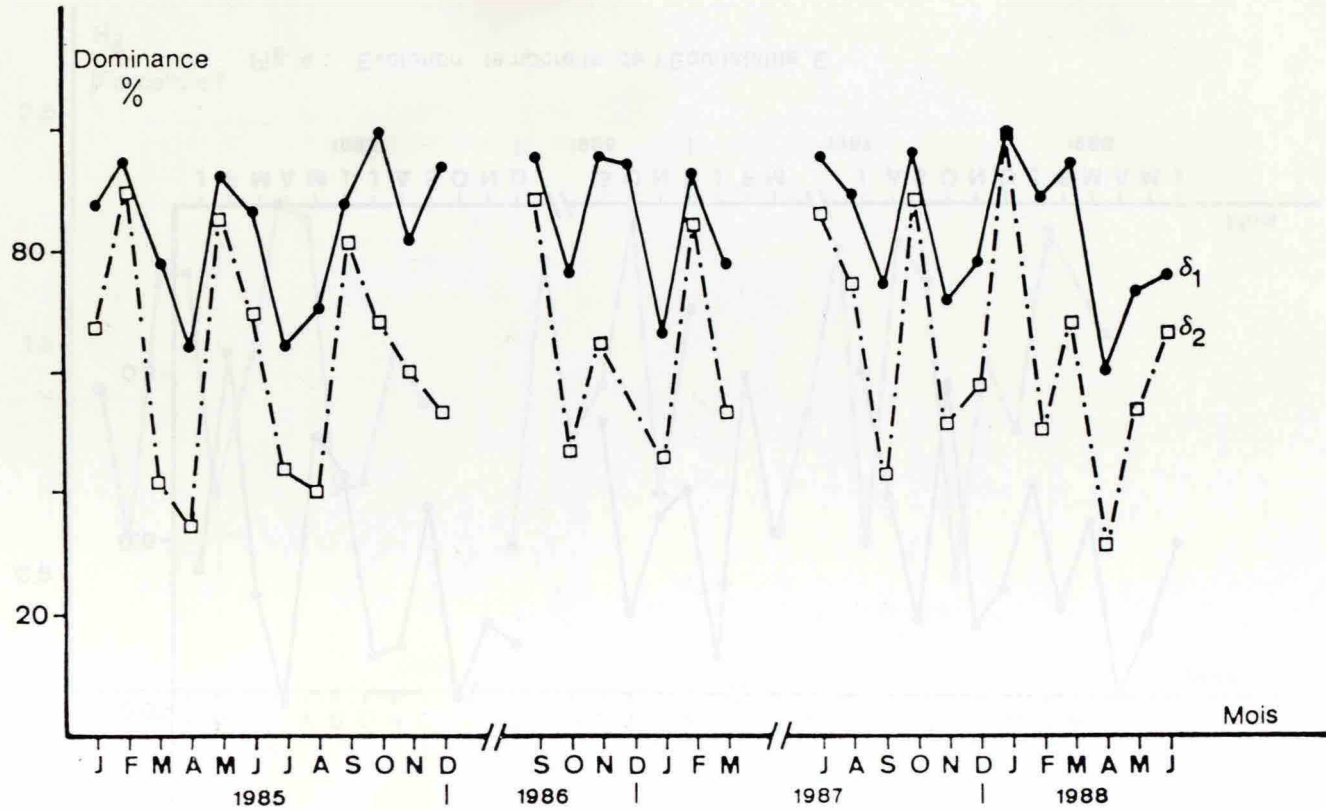


Fig. 5 : Evolution temporelle des dominances  $\delta_1$  et  $\delta_2$ .

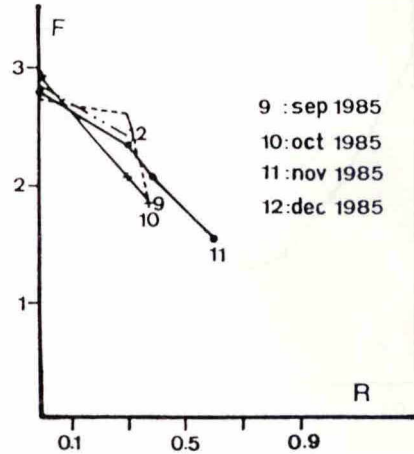
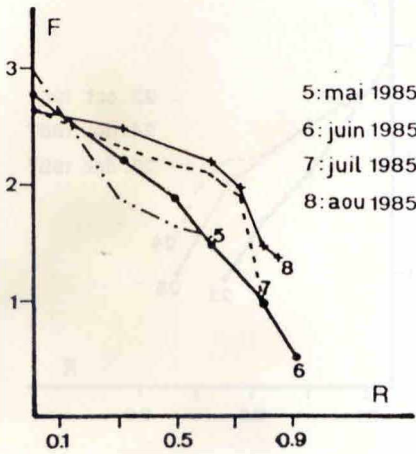
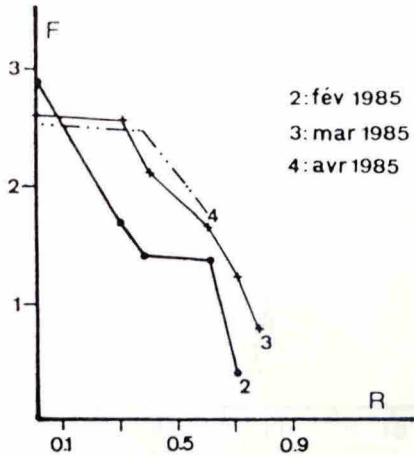
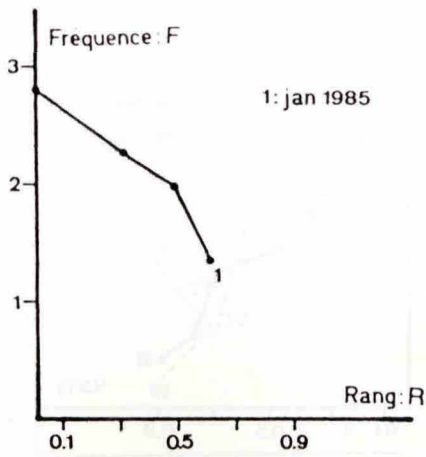


Fig. 6 : Diagrammes rang - fréquence

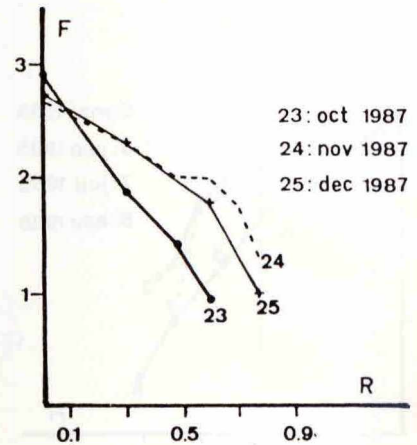
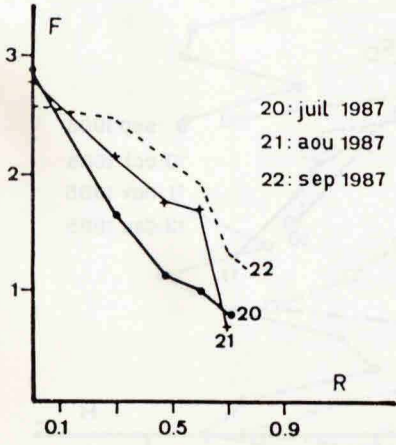
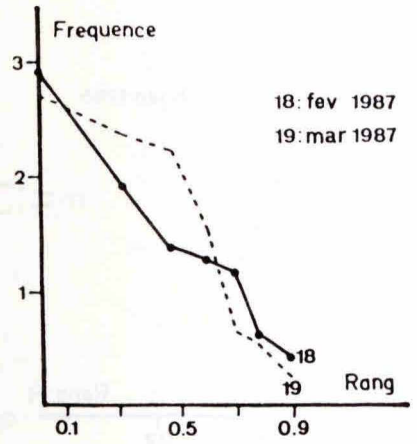
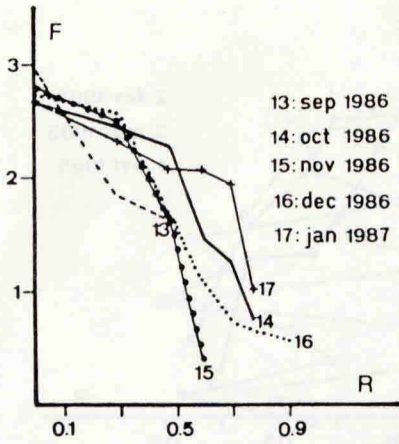


Fig. 6 : (Suite) .

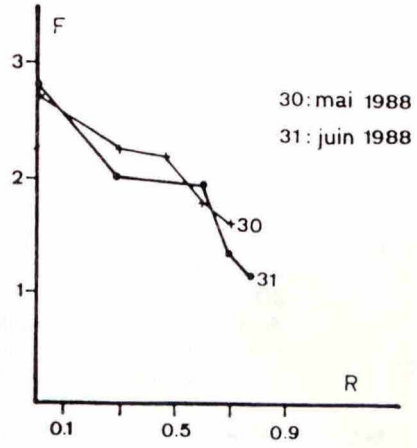
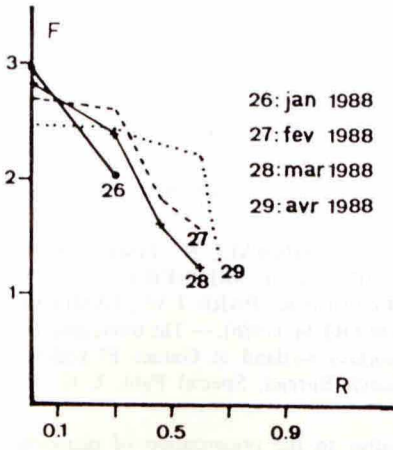


Fig. 6 : (Suite) .

## BIBLIOGRAPHIE

- AMBLARD C. (1987). — Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. *Ann. Biol.*, 26 (1) : 1-34.
- BEN REJEB - JENHANI A. (1989). — Le lac Ichekul : conditions de milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. Thèse, Univ. Tunis, 221 p.
- DAGET J. (1976). — Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie 8. Masson, Paris, 172 p.
- FRONTIERS S. (1977). — Réflexion pour une théorie des écosystèmes. *Bull. Ecol.* 8 (4) : 445-464.
- HOLLIS G.E., AGNEW C.T., BARRARBEE R.W., CHISNALL N., FISHER R.C., FLOWER R., GOLDSMITH F.B., PHERHEAN S.J., SKINNER J., STEVENSON A.C, WARREN A., WOD J.B., FULLER R., PARR T.W., TAMISIER A., BREDIN D., ROCAMORA G. et SMART M. (1986). — The modelling and management of the internationally important wetland at Garaet El Ichkeul, Tunisie. International Waterfowl Research Bureau, Special Publ, U.K., 4 : 1-121.
- MARGALEF R. (1967). — Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol.* 5 : 257-289.
- SHANNON C.E. et WEAVER W. (1949). — The mathematical theory of communication. Urbana Univ. Press Illinois : 117 p.
- TRAVERS M. (1971). — Le microplancton du golfe de Marseille : étude quantitative structurale et synécologique; variations spatiotemporelles. Thèse Doct. Univ. Aix Marseille : 595 p.
- UTERMOHL H. (1958). — Zur vollkommung der quantitative phytoplankton. *Methodik. Mitt. Inter. Ver. Limnol.* 9 : 1-38.

## فهرس

- اسمى حمزة والناصر بن معيز - ظاهرة المياه الحمراء بخليج قابس في صائفة 1988 . الجمهورية التونسية .
- محمد غربال وعبد الرحمان بوعين - دراسة عمر ونمو سمك المرجان *Pegellus erythrinus* بخليج قابس بالبلاد التونسية .
- محمد نجم الدين البرادعي وعبد الرحمان بوعين - دراسة عمر ونمو نوع من سمك القشاش *Scorpaena notata* بخليج قابس (تونس) .
- محمد نجم الدين البرادعي وعبد الرحمان بوعين - دراسة تحليل احصائيات انتاج القشاش من سنة 1979 الى 1986 بمناء صفاقس الجمهورية التونسية .
- سعاد التركي ومحمد الحاج علي - انخفاض كميات المواد الغذائية والكولورفيل «أ» ببحيرة تونس من جراء أشغال التطهير والتهيئة .
- سعاد التركي وابراهيم التركي والشاذلي الرايس - دراسة محتويات معدة سمك البوري ببحيرة سد مشاركة بالجمهورية التونسية .
- أمال بن رجب جنحاني وفرج قرطاس - هيكلية التجمعات الفيتوبلونكتونية ببحيرة اشكل .

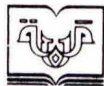
الجمهورية التونسية

نشرة

المعهد القومي العلمي والفني  
للأقيانوس والصيد بسلامبو

سلسلة جديدة - ج 17

1990



Imprimerie Officielle de la République Tunisienne

الجمهورية التونسية

نشرة

المعهد القومي العلمي والفني  
للأقيانوس والصيد بسلامبو

سلسلة جديدة - ج 17

