

LE BACTERIOPLANCTON DU LEMAN
Campagne 1989

PAR

PHILIPPE DUFOUR ET MICHEL COLON

ORSTOM¹ ET INSTITUT DE LIMNOLOGIE (INRA), THONON

RESUME

Après un accroissement de l'importance du compartiment bactérioplanctonique de 1986 à 1988, l'année 1989 se caractérise par une stabilisation de l'abondance cellulaire, une chute de 25 % de la biomasse et de 50 % de la production moyenne annuelle à la station SHL2 par rapport à 1988. La biomasse moyenne annuelle de 3.34 g C.m⁻² représente 83 % de la biomasse phytoplanctonique et 12 % de la biomasse carbonée totale, pourcentage semblable à celui de l'année précédente. La production bactérienne annuelle de 35 g C.m⁻² est égale à 12 % de la production phytoplanctonique, proportion inférieure à celle des années antérieures. La chute de l'activité bactérienne cette année ainsi que la plus faible taille moyenne des cellules semblent imputables au zooplancton potentiellement bactériophage dont la biomasse est, cette année, près de 2 fois plus élevée qu'en 1988.

Le nombre moyen de cellules de 2.6 millions par ml dans la couche 0 - 20 m situe, parmi les lacs alpins, le Léman entre le lac de Constance et le lac Majeur, lacs méso-eutrophiques, pour le critère bactériologique.

1. METHODES

La méthodologie est identique à celle appliquée en 1987 et 1988.

Les prélèvements sont effectués à la station SHL2 simultanément à ceux de la chimie et de la production primaire, aux niveaux 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 200, 250, 275 et 300 m. Ils sont mélangés proportionnellement à leur représentativité dans les colonnes d'eau 0 à 5 m, 5 à 20 m, 20 à 50 m et 50 à 305 m, respectivement appelées épilimnion, métalimnion supérieur, métalimnion inférieur et hypolimnion. Sur ces mélanges sont mesurées les biomasses et productions de biomasse bactériennes.

¹ Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération

La méthode d'observation microscopique par épifluorescence, après coloration à l'acridine orange, est utilisée pour estimer les abondances cellulaires et biomasses (HOBBIE et al., 1977, modifiée par DUFOUR et STROFFEK (1987) et décrite dans le rapport 1986). Notons ici que malgré un conflit actuel dans la littérature, nous avons encore utilisé le facteur de conversion de WATSON et al. (1977) de $1,21 \cdot 10^{-13}$ g C/ μm^3 pour passer des biovolumes aux biomasses carbonées. Ce facteur conduit probablement à sous-estimer les biomasses et les productions de biomasses bactériennes, mais le conserver permet les comparaisons avec les années précédentes.

Comme l'an passé, la méthode d'incorporation de thymidine ^3H dans le précipité TCA glacé (FUHRMAN et AZAM, 1982) a été utilisée pour estimer la production bactérienne. Des étalonnages par la méthode d'AMMERMAN et al. (1984) nous ont conduits à utiliser le facteur de conversion moyen de $3,86 \cdot 10^{10}$ cellules produites par mole de thymidine incorporée.

2. RESULTATS

2.1 MOYENNES ANNUELLES, EVOLUTION SAISONNIERE ET REPARTITION VERTICALE (figures 1 à 3)

En 1989, la production bactérienne est particulièrement faible : 35 g C.m $^{-2}$, alors qu'elle fut de 65, 88 et 72 g C.m $^{-2}$ en 1986, 1987 et 1988.

Dans l'épilimnion (0 - 5 m) les variations saisonnières de la production sont conformes à celles des années précédentes : accroissement au printemps avec un maximum en mai, puis chute en juin - juillet durant la phase des eaux claires, seconde poussée en automne suivie d'une décroissance jusqu'en hiver. Par contre, le niveau des productions lors de ces différents événements est loin d'atteindre celui des années précédentes. Par exemple, toujours dans l'épilimnion, le maximum de mai 1989 est 21 fois inférieur à celui de mai 1988, tandis que la production des trois campagnes d'automne 1989 est 2.5 fois moindre que celle de l'automne 1988. La phase des eaux claires est plus longue pour le bactérioplancton en 1989; nous y notons le 24 juillet la production bactérienne la plus faible jamais enregistrée dans l'épilimnion depuis le début des mesures en 1986. Globalement, la production bactérienne de l'épilimnion est, en 1989, 4.5 fois plus faible que la moyenne des 3 années précédentes.

Les déficits dans le métalimnion supérieur (5 - 20 m) et inférieur (20 - 50 m) sont moins accusés, avec des productions respectivement 2.2 et 2.6 fois inférieures à la moyenne des 3 années antérieures.

Le déficit est encore moins accentué dans l'hypolimnion avec une production bactérienne 1.8 fois inférieure à la moyenne des 3 années précédentes.

A tous les niveaux, on constate que les cellules sont plus petites cette année. Cela est particulièrement net en surface où les gros bacilles régulièrement présents chaque printemps ne sont pas apparus cette année. Cependant, l'abondance cellulaire est en moyenne annuelle à peine inférieure à celle de l'année précédente. Il en résulte que sur l'ensemble de la colonne d'eau la biomasse bactérienne, de 3.34 g C.m $^{-2}$, n'est qu'un quart inférieure à celle de 1988 (4.26 g C.m $^{-2}$) et est même supérieure à celle de 1987 (2.45 g C.m $^{-2}$) et 1986 (2.23 g C.m $^{-2}$).

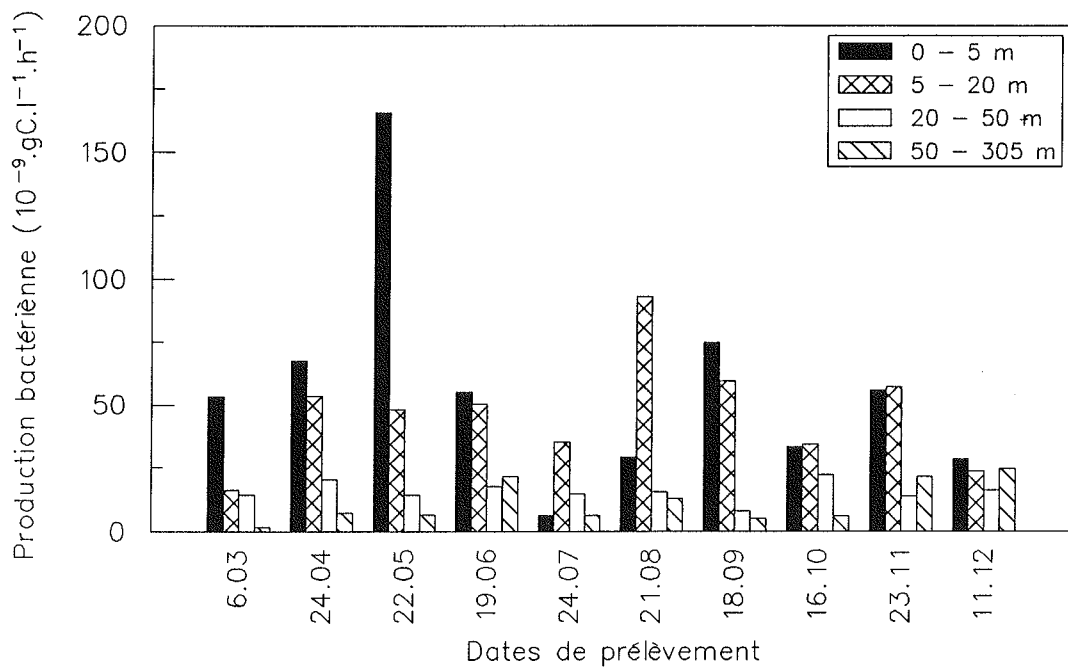
Du déficit de 1989, beaucoup plus élevé pour la production que pour la biomasse, on déduit un mauvais rendement de la biomasse (production annuelle/biomasse moyenne) qui ne se renouvelle sur l'ensemble de la colonne d'eau que 10.6 fois dans l'année alors que ce taux était en moyenne de 27 les trois années précédentes. C'est dans l'épilimnion que cette chute de rendement est la plus remarquable puisque la biomasse ne s'y renouvelle que 14 fois dans l'année, soit 4.6 fois plus lentement en moyenne que les années antérieures.

2.2 LES RELATIONS TROPHIQUES

La faible productivité des cellules présentes suppose soit une limitation trophique par un facteur nutritif déficient, soit une forte prédation sur la fraction la plus active de la population bactérienne.

La plus faible pluviosité sur le bassin versant du Léman en 1989 pourrait être à l'origine d'apports exogènes de matières organiques moindres. Mais il faut se garder de voir là une explication majeure à la faible production bactérienne, les apports exogènes d'une seule année influençant peu le stock de matière organique, particulièrement au centre du Léman où ont lieu les mesures. Les niveaux et les variations de la température dans la couche de surface, identiques en 1988 et 1989 ne permettent pas non plus d'expliquer la différence de productivité cellulaire.

PRODUCTION BACTERIENNE



NOMBRE DE BACTERIES

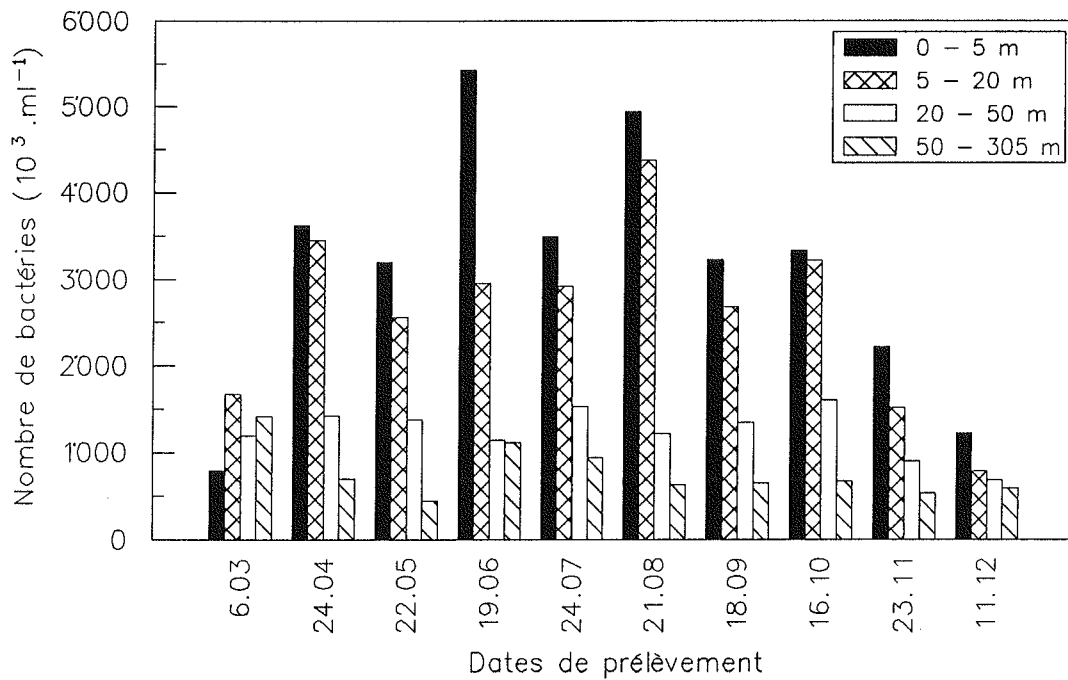


FIGURE 1 : EVOLUTION SAISONNIERE DE LA PRODUCTION ET DE L'ABONDANCE BACTERIENNE PAR TRANCHE D'EAU EN 1989

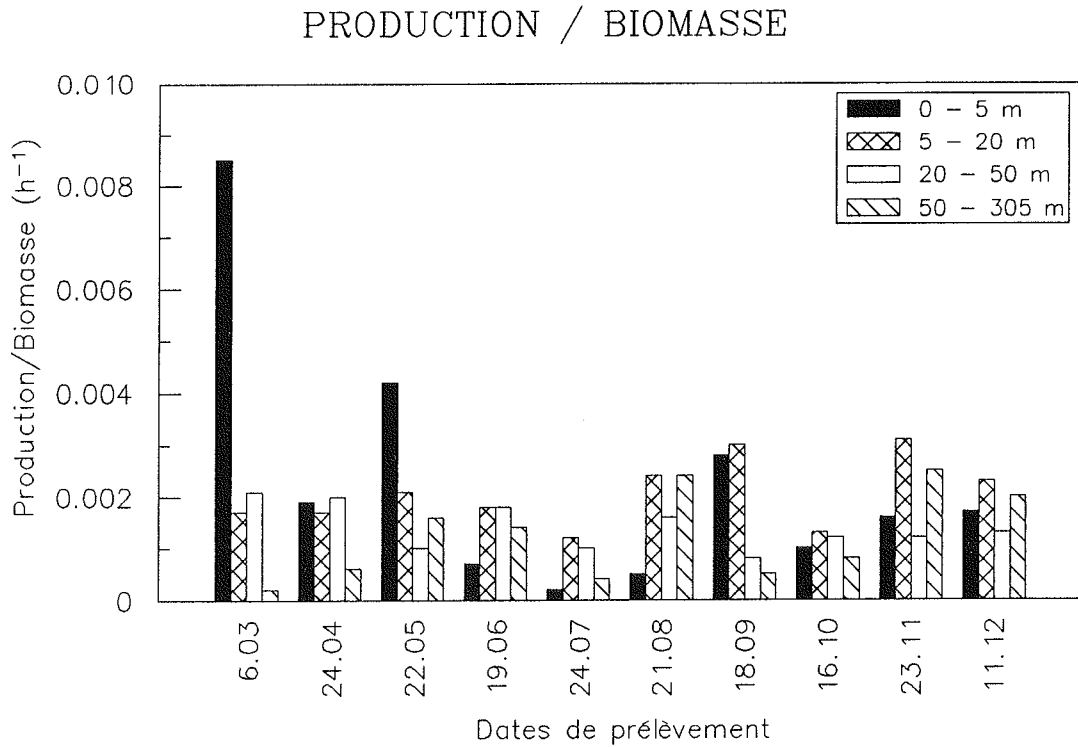
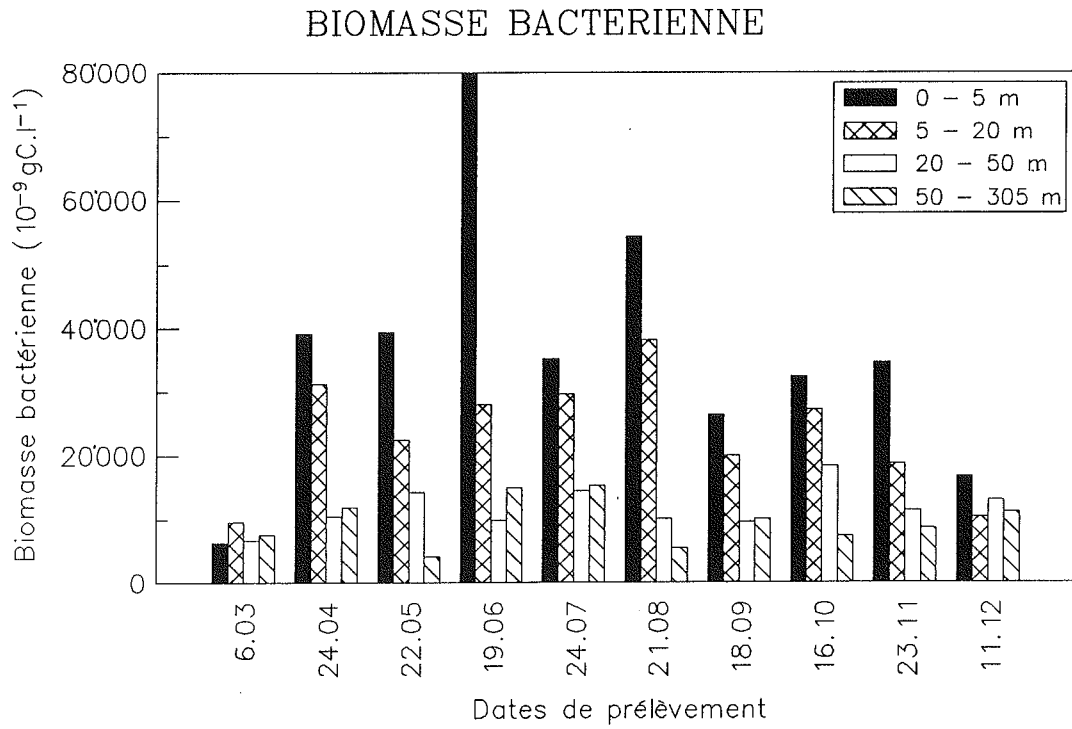


FIGURE 2 : EVOLUTION SAISONNIERE DE LA BIOMASSE ET DU RAPPORT PRODUCTION/BIOMASSE PAR TRANCHE D'EAU EN 1989

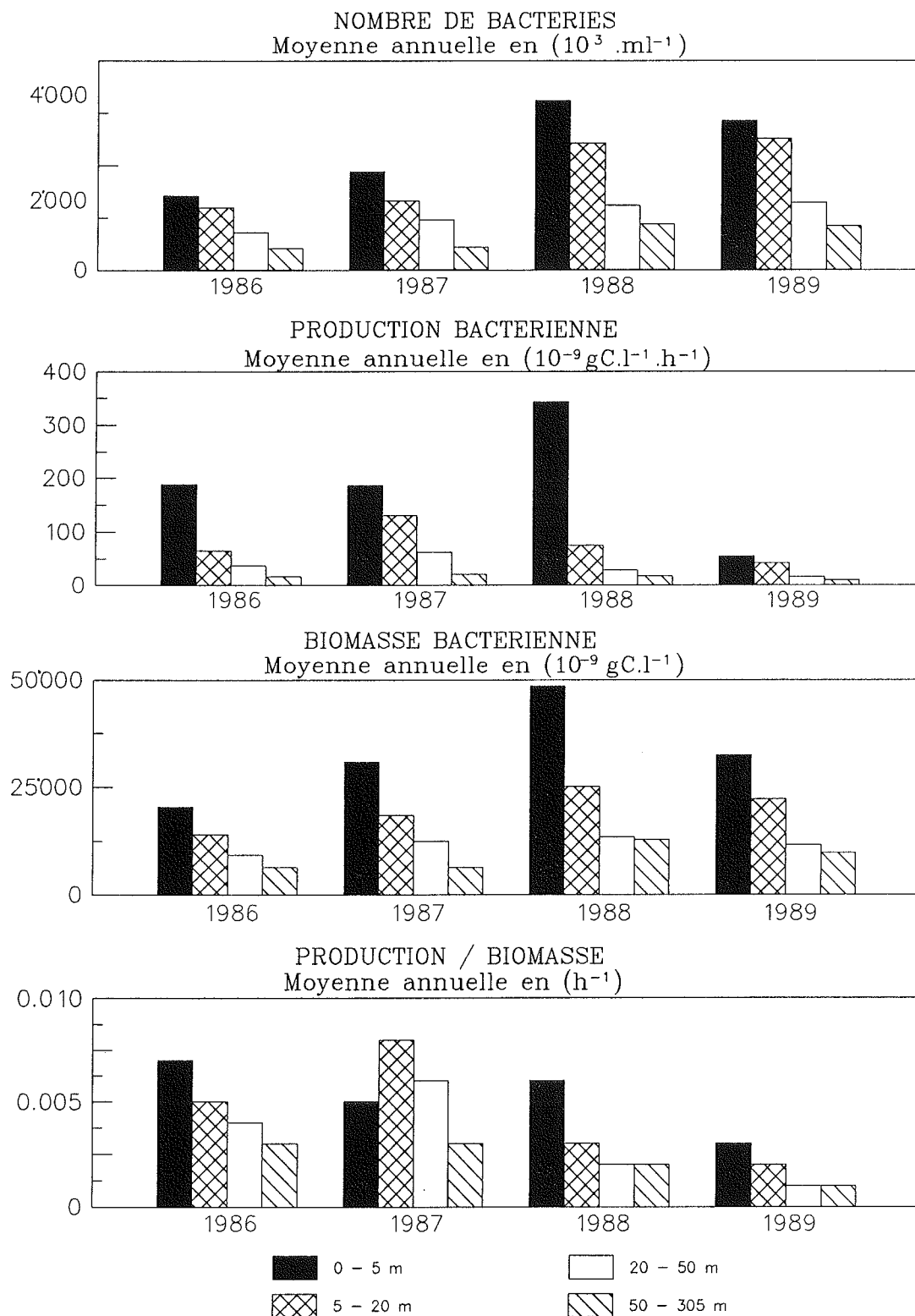


FIGURE 3 : COMPARAISON DES ABONDANCES, PRODUCTIONS, BIOMASSES ET PRODUCTIONS/BIOMASSES BACTERIENNES MOYENNES DES ANNEES 1986 A 1989 PAR TRANCHE D'EAU

La production du bactérioplancton est au centre du lac, très dépendante de celle du phytoplancton dont elle recycle les produits d'excrétion (FEUILLADE et al., 1986, 1988). Mais la production annuelle du phytoplancton est cette année proche de celle des 3 années antérieures.

La biomasse des rotifères est nettement plus élevée en 1989 qu'en 1988. Celle des cladocères herbivores est, elle aussi, plus importante en 1989. Sur l'ensemble de l'année 1989, la biomasse de ce zooplancton, potentiellement bactériophage, est 1.7 fois plus élevée qu'en 1988. Ces moyennes annuelles masquent les variations saisonnières. En début d'année jusqu'en avril, la biomasse des bactériophages est inférieure en 1989 à ce qu'elle était en 1988. En outre la production primaire démarre plus tôt au printemps 1989 qu'au printemps 1988. On constate corrélativement que les biomasses et productions bactériennes sont à cette époque plus élevées en 1989 qu'en 1988. La biomasse des bactériophages, particulièrement celle des rotifères, est par contre plus élevée en mai et début juin 1989 qu'à la même époque en 1988. Cette plus forte pression de prédation au printemps 1989 pourrait être à l'origine de l'absence notoire de gros bacilles, le nanozooplancton se nourrissant préférentiellement sur de grosses cellules. En outre la production primaire est plus faible à cette époque. Ces deux facteurs pourraient expliquer l'absence de floraison bactérioplanctonique printanière, les grosses cellules étant aussi les plus productives.

La pression potentielle de broutage sur le bactérioplancton se poursuit en période des eaux claires et est deux fois plus élevée de fin juin à fin juillet 1989 qu'à la même époque en 1988. De fin juillet à fin août 1989, le bactérioplancton non seulement bénéficie peu des produits d'excrétion d'une production phytoplanctonique qui redémarre lentement après la période des eaux claires, mais il est en outre en présence d'une abondance de prédateur 2 fois plus élevée qu'en 1988. Ces facteurs pourraient être à l'origine de la production bactérienne exceptionnellement faible de l'épilimnion à cette époque.

En automne le bactérioplancton profite moins que les autres années, des produits d'excrétion, puis de la lyse des cellules végétales en sénescence, puisque la floraison phytoplanctonique est plus faible cette année. En outre, on constate que la biomasse des prédateurs potentiels du bactérioplancton est nettement plus élevée qu'en automne 1988. Cela expliquerait la faiblesse de la floraison bactérioplanctonique dans l'épilimnion.

3. CONCLUSIONS

Evolution de l'état trophique du lac d'après son compartiment bactérioplanctonique

La production bactérienne du Léman, après une relative stabilité de 1986 à 1988, est deux fois moindre en 1989. Une cause directe possible de cette faible production est l'abondance, accrue cette année, de rotifères et de cladocères herbivores. Ceux-ci sont également bactériophages et se nourrissent préférentiellement des cellules bactériennes les plus grosses et les plus actives : les cellules de petite taille peu ou pas actives sont moins touchées (DUFOUR et al., sous presse). La biomasse bactérioplanctonique moyenne annuelle, après être passée de 2.23 g C.m⁻² en 1986 à 4.26 g C.m⁻² en 1988 est redescendue à 3.34 g C.m⁻² en 1989. Elle représente 12 % de la biomasse carbonée et 83 % de celle du phytoplancton (en adoptant un rapport C/chl a de 50), proportions semblables à celles de l'an passé.

Les biovolumes cellulaires moyens sont plus faibles que les autres années, ce qui aurait pu être un indice d'oligotrophisation, en l'absence de l'abondante prédation sélective sur les plus grosses cellules.

Avec une abondance moyenne de cellules de 2,6.10⁶ par ml dans la couche 0 - 20 m, le Léman se classe toujours parmi les lacs méso-eutroques. Selon les résultats du Programme Biologique International (SAUNDERS, 1980), ceux-ci ont plus de 1,5.10⁶ cellules bactériennes par ml. Comparées à d'autres grands lacs alpins, les abondances bactériennes du Léman sont intermédiaires entre celles du lac Majeur d'une part et du lac de Constance et du Bourget d'autre part.

BIBLIOGRAPHIE

- AMMERMAN, J.W., HAGSTROM, A. et AZAM, F. (1984) : Bacterio-plankton growth in sea water : 1. Growth kinetics and cellular characteristics in sea water cultures. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 18, 31-39.
- DUFOUR, P. (1985) : Méthodologie d'évaluation des biomasses et activités hétérotrophes bactériennes dans un écosystème lacustre. Rapport d'ATP-INRA/IL Thonon, 27 p.
- DUFOUR, P. et STROFFEK, S. (1987) : Protocoles expérimentaux et résultats. In : DUFOUR et al., Résultats préliminaires du 2e atelier d'écologie bactérienne du GRECO lacs, Institut de Limnologie, Thonon, 67 p.
- DUFOUR, P., TORRETON J.P. et COLON, M. (1990) : Advantages of distinguishing the active fraction in bacterioplankton assemblages : some examples. *Hydrobiologia*, in press.
- FUHRMAN, J.A. et AZAM, F. (1982) : Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in Marine surface waters : Evaluation and field results. *Marine Biology*, 66, 109-120.
- FEUILLADE, M., DUFOUR, P., FEUILLADE, J. et PELLETIER, J. (1986) : Excrétion de carbone organique par le phytoplancton lémanique. *Schweiz Z. Hydrobiol.*, 48 (1), 37-41.
- FEUILLADE, M., DUFOUR, P. et FEUILLADE, J. (1988) : Organic carbon release by phytoplankton and bacterial re-assimilation. *Schweiz Z. Hydrobiol.*, 50 (2), 115-135.
- HOBBIE, J.E., DALEY, R.J. et JASPER, S. (1977) : Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescent microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 1225-1228.
- SAUNDERS, S.W. (1980) : Organic matter and decomposers. In : LECREN, E.O. and LOWE-McCONNEL, R.H., *The functioning of freshwater ecosystem*, IBP n° 22, Cambridge Univ. Press, 588 p.
- WATSON, S.W., NOVITSKY, T.J., QUINBY, H.I. et VALOIS, F.W. (1977) : Determination of bacterial number and biomass in the marine environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 940-946.