

Biocénose pélagique du lac oligomésotrophe de Poméranie (Pologne) : étude des communautés de la boucle microbienne et du phytoplancton

Pelagic biocenosis in the oligo-mesotrophic lake of Pomerania (Poland): study of communities of microbial loop and phytoplankton

E. SZELAG-WASIELEWSKA

SUMMARY

This study presents results of investigations on abundance and biomass of the main communities of the microbial loop (heterotrophic bacteria, autotrophic picoplankton, heterotrophic flagellates, ciliated protozoa) as well as nano- and microalgae in the large (525 ha) and deep (48 m) oligo-mesotrophic lake Bobięcińskie Wielkie located in West Pomerania, Poland. Samples were taken from the pelagial zone in 1996. Within organisms of picoplankton size the heterotrophic bacteria were the most abundant trophic group. Their biomass, together with the much lower abundant autotrophic picoplankton (3.5 to $5.4 \mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$), constituted 15% to 22% of the total microbial biomass. The sum of biomasses of heterotrophic flagellates and ciliated protozoa was similar at all depth (3.0 - $3.8 \mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$), ranging between 8-24% of total biomass. Phytoplankton organisms larger than $2.0 \mu\text{m}$ represented the biggest part of the total microbial biomass, *i.e.* from 50% to 78% (8.4 - $27.5 \mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$). The microplankton constitutes the largest part of the phytoplanktonic biomass. Whereas the diatoms and cryptomonads were the most abundant in the upper layers of the lake. The filamentous cyanobacteria of the genus *Planktothrix* dominated in the deeper waters.

Key-words: *heterotrophic bacteria, autotrophic picoplankton, protozoa, algae, microbial loop.*

RÉSUMÉ

Cette étude présente des résultats concernant l'abondance et la biomasse des principales communautés de la boucle microbienne (bactéries hétérotrophes, picoplancton autotrophe, flagellés hétérotrophes, protistes ciliés) et des nano- et microalgues dans le grand (525 ha) et profond (48 m) lac oligomésotrophe Bobięcińskie Wielkie situé en Poméranie de l'ouest (Pologne). Les échantillons d'eau ont été prélevés en zone pélagique, en 1996. Dans la classe de taille du picoplancton, ce sont les bactéries hétérotrophes qui constituent le groupe trophique le plus abondant. Leur biomasse couplée à celle du picoplancton autotrophe beaucoup moins abondant (de 3,5 à 5,4 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$), constituait de 15 % à 22 % de la biomasse microbienne totale. La biomasse des protistes flagellés hétérotrophes et celle des protistes ciliés étaient proches (3,0-3,8 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$) et constituaient, en fonction de la profondeur de prélèvement, de 8 % à 24 % de la biomasse totale. Le phytoplancton de taille supérieure à 2,0 μm représentait la plus grande partie de la biomasse totale, à savoir de 50 % à 78 % (8,4-27,5 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$). Il était dominé, en ce qui concerne la taille des organismes, par le microplancton. Dans les couches supérieures du lac, les diatomées et les cryptophycées étaient les plus nombreuses, alors qu'en profondeur c'était les cyanobactéries filamenteuses du genre *Planktothrix* qui étaient les plus abondantes.

Mots clés : bactéries hétérotrophes, picoplancton autotrophe, protozoaires, algues, boucle microbienne.

1 – INTRODUCTION

La boucle microbienne, notion introduite en écologie aquatique dans les années quatre-vingts, fait partie du réseau trophique aquatique. Les éléments biotiques de la boucle sont les eucaryotes auto- et hétérotrophes, les cyanobactéries ainsi que les bactéries hétérotrophes (AMBLARD *et al.*, 1998). Dans les lacs polonais, ce système trophique est peu étudié (manque de données publiées sur ce sujet) ; cependant il existe un nombre important d'informations concernant certains éléments de la boucle microbienne (SZELAĜ-WASIELEWSKA, 1997, 1999 ; SZELAĜ-WASIELEWSKA et FYDA, 1999). Il est à noter que les lacs européens et américains sont examinés de manière intensive depuis de nombreuses années. Les résultats actuels démontrent l'importance de la boucle microbienne dans la transformation et les flux de matière et d'énergie dans les systèmes planctoniques, plus particulièrement dans les lacs oligo- et mésotrophiques (STOCKNER et ANTIA, 1986 ; STOCKNER, 1988, 1991).

Dans cette étude, nous examinons l'abondance et la biomasse des principaux éléments de la boucle microbienne (bactéries hétérotrophes, picoplancton autotrophe, protozoaires flagellés hétérotrophes, protozoaires ciliés) et des nano- et microalgues dans le lac oligomésotrophique Bobięcińskie Wielkie situé en Pologne. Cette étude a été effectuée au mois de mars 1996 alors que le lac était encore gelé en surface. Nous testons ici l'hypothèse selon laquelle, dans de telles conditions, la biomasse des autotrophes est plus faible que celle des hétérotrophes.

2 – LE MILIEU ÉTUDIÉ

Le lac examiné est situé en Poméranie de l'ouest (latitude 54°00,5'N, longitude 16°48,3'E), à une altitude de 176,4 mètres. La surface du lac est de 5,25 km², le volume des masses d'eau est de 49 × 10⁶·m³, les profondeurs maximale et moyenne sont respectivement de 48 m et de 9,3 m, la longueur de 6 300 m et la largeur de 1 580 m (JAŃCZAK *et al.*, 1997). Selon la composition floristique de la phytocénose, le lac est considéré comme un lac à « *Lobelia* ». Les espèces caractéristiques sont : *Lobelia dortmanna*, *Littorella uniflora* et *Isoëtes lacustris*. C'est le plus grand lac à *Lobelia* en Pologne (SZMAL, 1959 ; DAŃBSKA, 1966 ; KRASKA *et al.*, 1996).

Au cours de la période d'été, le lac présente une stratification thermique complète, l'eau dans l'épilimnion présentant des valeurs faibles d'acidité ionique (pH 6,2-6,4), de conductivité électrolytique (60-61 µS/cm) et de concentration en calcium (4,3-6,4 mg·Ca·L⁻¹). Les teneurs en oxygène dans l'épilimnion varient de 5,9 à 16,9 mg·O₂·L⁻¹, alors que les concentrations moyennes en phosphore et en azote sont, respectivement, de 0,214 mg·P·L⁻¹ et 1,94 mg·N·L⁻¹. La concentration en oxygène dans toute la colonne d'eau est satisfaisante (42-70 % saturation d'oxygène dans hypolimnion), et aucune évolution significative de ce paramètre n'a été notée depuis au moins 50 ans (SZMAL, 1959 ; KRASKA *et al.*, 1996 ; JAŃCZAK *et al.*, 1997). De nombreux facteurs physicochimiques, ainsi que la composition de la biocénose, montrent qu'il s'agit d'un lac de faible niveau trophique, mais l'influence d'eutrophisation de l'agglomération de Bobiecino et le grand nombre de touristes créent un risque pour la qualité des eaux du lac (SZMEJA, 1996).

3 – MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillons d'eau ont été prélevés le 6 mars 1996 dans la partie centrale du lac (à cette période couvert de glace). Les échantillons ont été pris à chaque mètre (44 échantillons) et intégrés par rapport aux couches correspondant à l'épi-, au méta- et à l'hypolimnion en période de stratification thermique estivale de l'année précédente (1995), c'est-à-dire respectivement de 0 à 6 m, de 7 à 10 m, de 11 à 44 m. Les échantillons ont été fixés avec l'aldéhyde glutarique jusqu'à obtention d'une concentration finale de 1 %, ou avec le Lugol. Pour les observations des bactéries hétérotrophes, des nanoflagellés et du picoplancton autotrophe, le matériel a été concentré sur des filtres Nuclepore (noirs, porosité 0,2 µm), et coloré par les fluochromes DAPI et primuline (MARTINUSSEN et THINGSTAD, 1991). Les filtres ont été observés à des agrandissements de 1000x et 1500x au microscope à épifluorescence (BX-60, Olympus), en utilisant les filtres optiques correspondant à la lumière ultraviolette, bleue et verte. Les cellules de picoplancton ont été examinées suivant le caractère de la fluorescence, la taille et la forme, et la présence ou l'absence de chloroplastes (MACISAAC et STOCKNER, 1993). Le phytoplancton de taille supérieure à 2,0 µm (nano-, microplancton) de même que les protozoaires ciliés ont été analysés, après sédimentation, à l'aide d'un micro-

scope inversé, selon le protocole de WETZEL et LIKENS (1991). Le biovolume des taxons a été calculé à partir de la taille moyenne et du nombre d'organismes dans l'échantillon. La biomasse, exprimée en carbone, a été estimée en utilisant les facteurs de conversion appliqués par AMBLARD *et al.* (1995).

4 - RÉSULTATS

Le nombre de bactéries hétérotrophes variait de $1,04 \cdot 10^6$ à $1,59 \cdot 10^6$ cell.·mL⁻¹. La valeur la plus basse était notée à la profondeur de 7 à 10 mètres ; en revanche dans les couches d'eau supérieures et inférieures, leur densité était plus importante, mais comparable pour les deux couches. Les plus nombreuses étaient des bactéries en forme de coque, au biovolume cellulaire moyen égal à $0,035 \mu\text{m}^3$. Les autres formes bactériennes (bacilles, vibrions et autres) constituaient un faible pourcentage du nombre total des bactéries, leur biovolume variait de $0,021$ à $0,67 \mu\text{m}^3$. Les bactéries libres étaient prédominantes, le nombre de bactéries fixées ne représentant que de 0,3 à 3,6 % de l'abondance totale des bactéries. La répartition de la biomasse des bactéries dans la colonne d'eau était comparable à celle de l'abondance, le minimum étant enregistré dans les couches intermédiaires de la colonne d'eau. La biomasse des bactéries exprimée en carbone variait de $3,2$ à $5,0 \mu\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{L}^{-1}$, ce qui constituait de 14 à 23 % de la biomasse totale de la biocénose microbienne (tableau 1, figure 1).

Tableau 1 Abondance (A-org./L) et la biomasse (B- $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$) des groupes d'organismes dans les couches d'eau du Lac Bobięcińskie Wielkie.

Table 1 Abundance (A-org./L) and biomass (B- $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$) of the organisms groups in water layers of Bobięcińskie Wielkie Lake.

Prof. (m)	Bactéries hétérotrophes		Phytoplankton						Protistes			
			Pico-		Nano-		Micro-		Flagellés hétérotrophes		Ciliés	
	A 10^9 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$	A 10^3 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$	A 10^3 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$	A 10^3 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$	A 10^3 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$	A 10^3 org./L	B $\mu\text{g} \cdot \text{C} / \text{L}$
0-6	1,53	4,90	5 073	0,53	278	3,52	120	8,64	3,5	0,11	1,29	3,68
7-10	1,04	3,16	3 511	0,33	61	2,34	68	6,05	44	1,32	1,92	2,38
11-44	1,59	5,03	5 487	0,40	66	3,36	180	24,13	71	2,13	1,14	0,82

À chaque profondeur, la biomasse du phytoplancton correspondait à la composante la plus importante : de $8,7 \mu\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ dans les couches de 7 à 10 m, à $27,9 \mu\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{L}^{-1}$ dans la couche de 11 à 44 m. L'importance relative du phytoplancton dans chaque couche était supérieure à 50 %, avec une valeur maximale enregistrée à la profondeur de 11 à 44 m, soit presque 78 % de la biomasse microbienne totale (figure 1).

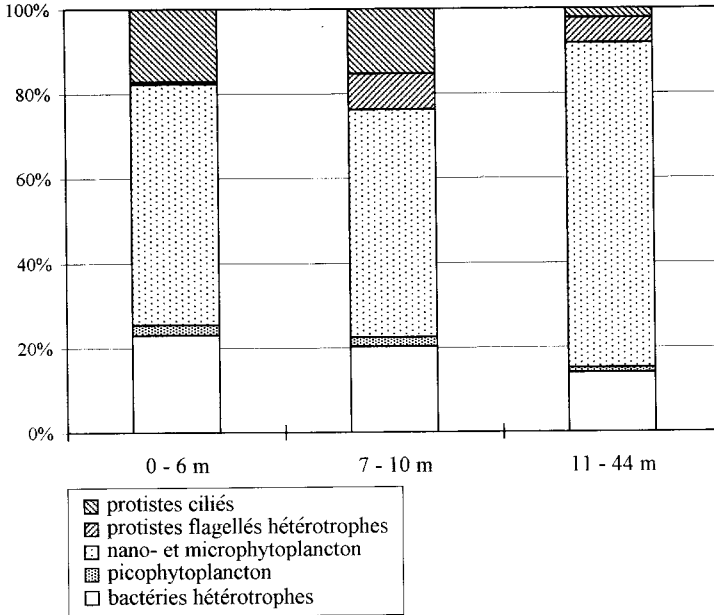


Figure 1 Contribution en pourcentages de la biomasse totale, des groupes d'organismes dans le plancton des couches d'eau du Lac Bobiędzyńskie Wielkie.

Percentage share in the biomass of the organism groups in water layers of the Lake Bobiędzyńskie Wielkie.

Les densités du phytoplancton de la taille nano- et microplanctonique n'ont pas dépassé $0,4 \cdot 10^6$ cell. \cdot L $^{-1}$, mais leur biomasse était la plus importante parmi les organismes analysés. Les valeurs de densité et de biomasse étaient les moins importantes dans la couche centrale d'eau (7-10 m), tandis que la densité la plus élevée a été notée dans la couche 0-6 m et la biomasse la plus élevée dans la couche 11-44 m (*tableau 1*). Cette répartition des valeurs résulte du changement de classe de taille dominante en fonction de la profondeur. Dans les couches supérieures du lac, le nanoplancton (les chrysophycées du genre *Chromulina* et cryptophycées du genre *Rhodomonas*) était plus abondant, tandis que dans les couches inférieures dominait plutôt le microplancton, notamment les cyanobactéries filamenteuses du genre *Planktothrix*.

La prédominance des cyanobactéries filamenteuses et donc microplanctoniques dans les couches de 11 à 44 m était nettement observable (61 %) et la part des autres groupes était peu significative : *Dinophyceae* et *Bacillariophyceae* représentaient respectivement 14 % et 12 % de la biomasse phytoplanctonique totale. La contribution des cinq autres groupes d'algues n'a atteint au total que 13 % de la biomasse du phytoplancton. Le changement de la composition taxonomique s'est produit dans les couches de 7 à 10 m. D'une manière générale, on passe d'une communauté à cryptophycées-diatomées en surface à une communauté à cyanobactéries dans les couches de 11 à 44 m (*figure 2*).

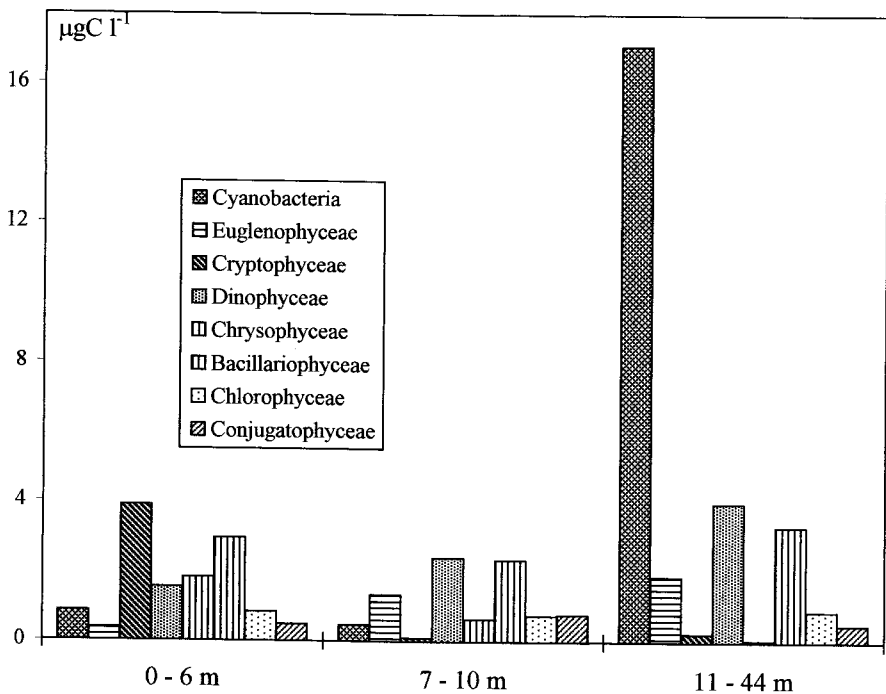


Figure 2 Phytoplankton du Lac Bobiścińskie Wielkie – biomasse des différents groupes d'organismes.

Phytoplankton of the Lake Bobiścińskie Wielkie – biomass of the organism groups.

Les changements en densité et en biomasse du picophytoplancton dans la colonne d'eau étaient comparables à ceux du nano- et microphytoplancton. Cependant, la biomasse des cellules picoplanctoniques était plus faible (de 0,33 à 0,53 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$) tandis que leur nombre était beaucoup plus important (de 3,5 à 5,5 $\cdot 10^6$ $\text{cell}\cdot\text{L}^{-1}$), par rapport au nano- et microphytoplancton. Dans la communauté picoplanctonique autotrophe, les cyanobactéries étaient prédominantes et la contribution des cellules eucaryotes peu importante, à savoir de 1 à 6 % de l'abondance totale et de 4 à 13 % de la biomasse totale.

Au cours de cette étude les protozoaires flagellés hétérotrophes étaient peu nombreux et leur importance augmentait avec la profondeur, de 3,5 à 71 $\cdot 10^3$ $\text{cell}\cdot\text{L}^{-1}$ et de 0,11 à 2,13 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$. En revanche, la biomasse des protozoaires ciliés diminuait avec la profondeur, de 3,68 à 0,82 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$, le maximum de leur concentration étant enregistré à la profondeur de 7-10 m. La contribution des protozoaires ciliés à la biomasse totale des éléments analysés de la boucle microbienne était comparable dans les deux couches de surface, soit environ 15-17 %, mais beaucoup plus faible dans la couche de 11 à 44 m, soit 3 %. La biomasse de l'ensemble des protozoaires (flagellés et ciliés) était de 3,0 à 3,8 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$, pour une importance relative de 8 à 24 % de la biomasse microbienne totale, avec un maximum à la profondeur 7-10 m (tableau 1, figure 1).

5 – DISCUSSION

Le lac Bobięcińskie Wielkie a déjà été étudié du point de vue biologique dans les années 1994-1995. Cette étude avait pris en considération le phytoplancton et le zooplancton (données non publiées). Il est évident que les bactéries et les protozoaires constituent des éléments importants du réseau microbien qui aujourd'hui fait partie intégrante des réseaux trophiques aquatiques (STOCKNER et ANTIA, 1986 ; STOCKNER, 1988 ; AMBLARD *et al.*, 1998 ; PINEL-ALLOUL *et al.*, 1998). Cette étude constitue le premier travail prenant en compte les compartiments de la boucle microbienne d'un lac de Poméranie. Elle a permis d'estimer la répartition du carbone particulaire pour les différents éléments de la boucle microbienne. Il s'est avéré que la part prise par le phytoplancton était importante (presque 60 %) jusqu'à la profondeur de 6 m, puis celle des bactéries hétérotrophes (23 %) des ciliés (17 %) et des flagellés (0,5 %). La même répartition, avec les valeurs un peu moins élevées de l'abondance et de la biomasse des groupes d'organismes ci-dessus cités, a été notée dans les couches de 7 à 10 m, ou une augmentation importante de la biomasse des flagellés hétérotrophes a été observée. En revanche, au-dessous de 10 m, presque 80 % du carbone microbien était contenu dans les cellules phytoplanctoniques. Ainsi, l'hypothèse de la dominance des hétérotrophes sur les autotrophes en hiver, sous la glace — comme cela a été constaté pour la plupart des lacs oligomésotrophes au sud de la Finlande (ARVOLA et KANKAALA, 1989) — n'a pas été vérifiée au cours de cette étude. Dans le lac Bobięcińskie Wielkie, comme dans le lac oligomésotrophe Pavin, le phytoplancton constitue la plus importante partie de la biomasse des éléments de la biocénose microbienne. Le maximum phytoplanctonique a été noté dans les couches profondes (78 %) au cours de cette étude, comme dans le lac Pavin. Il est à noter que ces valeurs étaient beaucoup plus importantes dans le lac Pavin (91 %), ce qui peut être dû aux conditions thermiques plus favorables au printemps (AMBLARD *et al.*, 1993).

La densité et la biomasse peu importantes du phytoplancton dans le lac Bobięcińskie Wielkie (comparées à celles des lacs similaires au cours de cette étude, résulte sans doute du fait que les lacs couverts de glace sont un milieu extrême pour les autotrophes compte tenu de la faible quantité de lumière et du faible angle d'incidence des rayons solaires en hiver. La valeur maximale de la biomasse du phytoplancton dans ce lac ($28 \mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$) était comparable aux valeurs les moins élevées notées, par exemple, dans le lac Pavin au printemps (AMBLARD *et al.*, 1993), mais beaucoup moins élevée que les valeurs notées pour le lac Vassivière (AMBLARD *et al.*, 1995). Dans le lac Bobięcińskie Wielkie, le phénomène de la diminution de la biomasse de plusieurs groupes d'organismes dans les couches de 7 à 10 m (correspondant au métalimnion en période de stratification estivale) était nettement observable chez le phytoplancton et les bactéries hétérotrophes. La raison en était les changements de composition taxonomique et de la taille des cellules de phytoplancton dans la colonne d'eau, caractérisés par une augmentation de la participation des microcyanobactéries en profondeur.

L'abondance et la biomasse des ciliés dans le lac Bobięcińskie Wielkie étaient soumises à des variations moins importantes dans la colonne d'eau que dans le lac Pavin mais, comme dans ce lac, le maximum de biomasse était observable dans les couches d'eau supérieures (épi- et métalimnion) (AMBLARD

et al., 1993). Les valeurs moyennes de la part des ciliés dans la biomasse totale des éléments étudiés dans les deux lacs étaient assez proches (9,8 % et 11,3 %). En revanche, la biomasse des flagellés hétérotrophes dans la colonne d'eau du lac Bobięcińskie Wielkie augmentait avec la profondeur et le maximum, $2,1 \mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$, a été noté dans les couches de 11 à 44 m. Cette valeur est comprise dans la gamme de valeurs présentées par AMBLARD *et al.*, (1995) et CARRIAS *et al.*, (1996) pour les lacs Vassivière et Pavin, mais elle est inférieure à la valeur moyenne pour ces deux lacs.

La part moyenne des bactéries hétérotrophes dans la biomasse microplanctonique totale du lac Bobięcińskie Wielkie était de 19 % environ, soit deux fois plus élevée que dans le lac Pavin. En général, dans la colonne d'eau, nos valeurs correspondent à la limite supérieure des valeurs pour le lac Pavin. Dans les deux lacs, l'importance relative des bactéries diminue avec la profondeur. La densité ainsi que la biomasse des bactéries dans le lac examiné au cours de cette étude étaient comprises dans la gamme des valeurs moyennes enregistrées aux lacs Pavin et Vassivière, mais elles étaient beaucoup moins importantes que dans le lac Vassivière. La dominance des bactéries libres (surtout les coques ayant un petit biovolume) était nettement visible (AMBLARD *et al.*, 1993, 1995).

Le lac Bobięcińskie Wielkie a été étudié en hiver, période rarement prise en considération par les limnologues dans leur investigation. Afin de le comparer de manière critique à d'autres réservoirs, il faut mener les recherches également dans les saisons chaudes de l'année, au moins au printemps et en été. En plus, à la lumière des données concernant l'importance des protozoaires épibiontiques (CARRIAS *et al.* 1996), il serait souhaitable de prendre en compte ces organismes dans le lac Bobięcińskie Wielkie au cours des futures études.

REMERCIEMENTS

Les études ont été effectuées à l'aide du microscope à épifluorescence acquis par la Fondation pour la science polonaise (projet SUBIN). Nous remercions M. Kraska (chef d'Institut de protection des eaux) pour les échantillons d'eau utilisés lors de nos études.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMBLARD C., SIME-NGANDO T., RACHIQ S., BOURDIER G., 1993. Importance of ciliated protozoa in relation to the bacterial and phytoplanktonic biomass in an oligomesotrophic lake, during the spring diatom bloom. *Aquat. Sci.*, 55, 1-9.
- AMBLARD C., CARRIAS J-F., BOURDIER G., MAURIN N., 1995. The microbial loop in a humic lake: seasonal and vertical variations in the structure of the different communities. *Hydrobiologia*, 300/301, 71-84.

- AMBLARD C., BOISSON J.C., BOURDIER G., FONTVIEILLE D., GAYTE X., SIME-NGANDOT T., 1998. Écologie microbienne en milieu aquatique : des virus aux protozoaires. *Rev. Sci. Eau, n° spécial*, 145-162.
- ARVOLA L., KANKAALA P., 1989. Winter and spring variability in phyto- and bacterioplankton in lakes with different water colour. *Aqua Fennica*, 19 (1), 29-39.
- CARRIAS J.-F., AMBLARD C., BOURDIER G., 1996. Protistan bacterivory in an oligomesotrophic lake: importance of attached ciliates and flagellates. *Microb. Ecol.*, 31, 249-268.
- DĄMBSKA I., 1966. La végétation des « Lobelia lacs » en Pologne. *Verh. int. Verein Limnol.* 16, 1609-1613.
- JAŃCZAK J., BRODZIŃSKA B., KOWALIK A., LAMPARSKA A., REKOWSKA J., SZIWA R., 1997. Atlas jezior Polski. tom II. Jeziora zlewni rzek Przymorza i dorzecza dolnej Wisły. IMGW, Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- KRASKA M., PIOTROWICZ R., KLIMASZYK P., 1996. Jeziora lobeliowe w Polsce. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 52 : 5-25.
- MACISAAC E A., STOCKNER J. G., 1993. Enumeration of phototrophic picoplankton by autofluorescence microscopy. In: KEMP P. F., Sherr B. F., Sherr E. B. and Cole J. J. [Ed.], *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*. Lewis Publishers, Boca Raton, 187-197.
- MARTINUSSEN I., THINGSTAD T. F., 1991. A simple double staining technique for simultaneous quantification of auto- and heterotrophic nano- and picoplankton. *Marine Microbial Food Webs*, 5 (1), 5-11.
- PINEL-ALLOUL B., MAZUMDER A., LACROIX G., LAZZARO X., 1998. Les réseaux trophiques lacustres : structure, fonctionnement, interaction et variation spatio-temporelles. *Rev. Sci. Eau, n° spécial*.
- STOCKNER J.G., 1988. Phototrophic picoplankton: An overview from marine and freshwater ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 33, 765-775.
- STOCKNER J.G., 1991. Autotrophic picoplankton in freshwater ecosystems: The view from the summit. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 76, 483-492.
- STOCKNER J.G., ANTIA N.J., 1986. Algal picoplankton from marine and freshwater ecosystems: a multidisciplinary perspective. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 43, 2472-2503.
- SZELAĞ-WASIELEWSKA E., 1999. Autotrophic picoplankton dynamics in a shallow lake. *Hydrobiologia*, 408/409, 301-306.
- SZELAĞ-WASIELEWSKA E., FYDA J., 1999. Phytoplankton and ciliate communities of ten lobelian Pomeranian lakes (NW Poland). *Acta Hydrobiol.*, 41 (6), 153-164.
- SZMAL Z., 1959. Badania hydrochemiczne jezior lobeliowych Pomorza Zachodniego. *PTPN, PWN, Wyd. Mat.-Przyr., Prace Kom. Biol., Poznań*, 29 (4), ss.107.
- SZMEJA J., 1996. Rejestr polskich jezior lobeliowych. *Fragm. Flor. Geobot. Ser. Polonica*, 3, 347-357.
- WETZEL R.G., LIKENS G.E., 1991. Limnological analyses. Second edition. Springer-Verlag, New York, Inc.