Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]

Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève

Band: 59 (2006)

Heft: 1

Artikel: Observations algologiques de quelques lacs des réserves des Aiguilles Rouges et de Sixt-Passy (Haute-Savoie) France

Autor: Druart, Jean-Claude / Rolland, Anne

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738311

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Observations algologiques de quelques lacs des réserves des Aiguilles Rouges et de Sixt-Passy (Haute-Savoie) France

Jean-Claude DRUART[1] et Anne ROLLAND[1]

Ms. reçu le 16.8.2004, accepté le 27.7.2005

Abstract

Observations and determinations of algal species in some lakes of Aiguilles Rouges and Sixt-Passy natural reserves (Haute-Savoie) - *High elevated lakes are not well known systems and they are poorly listed whereas they constitute potential reservoirs for biodiversity. In order to better understand lakes biological status, we sampled five lakes during a six year survey, one time each summer. Results show that in these five lakes, diversity and abundance of phytoplankton are not high. However, physico-chemical analysis reveal a good quality of water, extremely unusual in modern countries. So, it is important to preserve these ecosystems to maintain this natural patrimony.*

Keywords: *natural reserves, lakes, mountain, algues, water quality*

Résumé

Les lacs de haute montagne sont des systèmes très peu connus et mal inventoriés, alors qu'ils présentent un intérêt certain en terme de biodiversité. Afin de mieux en appréhender l'état biologique, nous avons échantillonné cinq lacs durant six années consécutives (1998-2003), à raison d'une fois par an en période estivale. Les résultats montrent que la diversité du phytoplancton de ces cinq lacs est peu importante, tout comme l'abondance. Cependant, les analyses physico-chimiques révèlent une eau d'une qualité rarement rencontrée de nos jours. Il est donc important de préserver ces écosystèmes aquatiques afin de conserver ce patrimoine naturel.

Mots clés: *réserves naturelles, lacs, montagne, algues, qualité des eaux*

Introduction

L'étude biologique des lacs de montagne de Haute-Savoie n'a débuté que dans les 50 dernières années (Dussart, 1953) et l'intérêt pour ces derniers ne s'est manifesté que tardivement puisqu'ils étaient très souvent situés à l'écart des perturbations directes apportées par l'homme, étant donné leur accès difficile. De nos jours, ces lacs constituent aujourd'hui une ressource touristique intéressante mais fragile et sensible à la fois aux perturbations globales du climat et aux impacts des activités humaines ou agricoles. Ainsi, il est important d'approfondir nos connaissances sur leur fonctionnement et leur biodiversité afin d'en assurer la protection et l'aménagement de manière adéquate (Druart *et al.*, 1999).

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un programme initié par ASTERS (Agir pour la Sauvegarde des Territoires et des Espèces Remarquables ou Sensibles), organisme gestionnaire des Réserves de Haute Savoie. Afin de caractériser en partie l'état biologique et chimique de ces plans d'eau, l'inventaire phytoplanctonique de cinq lacs a été réalisé et les principaux éléments nutritifs ont été dosés (tableau II). Quatre des lacs (Brévent, Cornu, Pormenaz et

[1] *CARRTEL-INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511, F-74203 Thonon-les-Bains Cedex*

Jovet) sont situés dans la Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges et un (Anterne) dans celle de Sixt-Passy, située sur le massif du Haut-Giffre à l'extrémité septentrionale des préalpes françaises (Hautes Alpes calcaires).

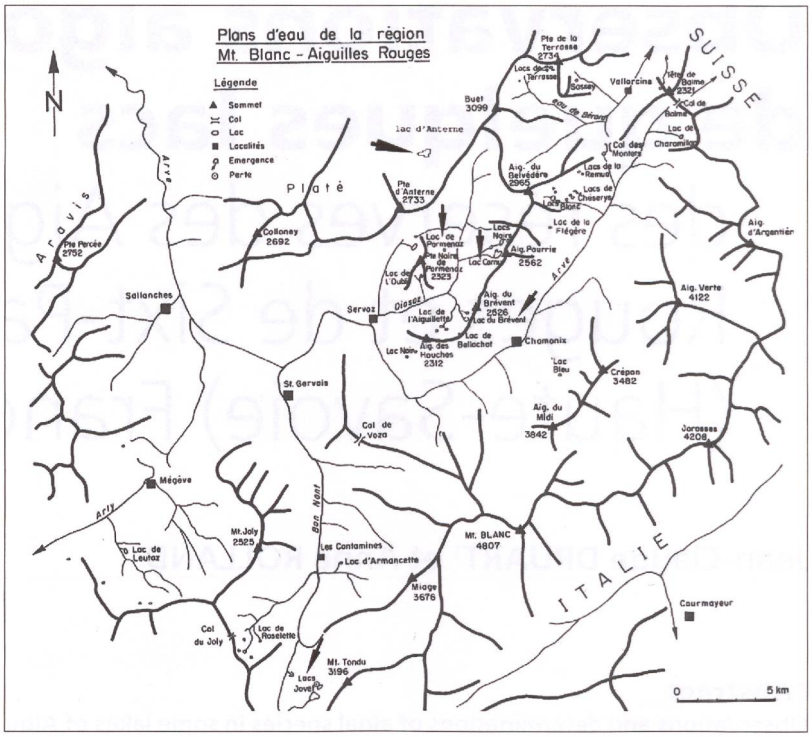


Fig. 1. Carte géographique de la région du Mont-Blanc et de la Réserve des Aiguilles Rouges (Sesiano, 1993).

Méthodologie

Six campagnes de prélèvements ont eu lieu entre 1998 et 2003, à la fin du mois de juillet ou au début du mois d'août. Les prélèvements d'eau brute ont été effectués dans les premiers 50 cm de la colonne d'eau 0-6 mètres puis fixés avec du formol (4% final). L'examen qualitatif et quantitatif du phytoplancton a été réalisé grâce à un microscope inversé Zeiss Axiovert 135, après sédimentation des organismes en chambre d'Utermöhl (1958). L'annexe 2 montre quelques photos d'algues rencontrées dans les lacs étudiés. Les analyses chimiques ont également été réalisées sur de l'eau brute prise au même endroit que le phytoplancton. Elles ont été effectuées selon les méthodes normalisées, par la Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA à Thonon-les-Bains. Simultanément, des mesures de pH, de conductivité et de transparence ont été réalisées sur le plan d'eau.

Résultats - Discussion

Données morphométriques des lacs étudiés

Le lac du Brévent, situé sur l'envers des Aiguilles Rouges, a une superficie de 2,4 ha et une profondeur de 20,4 m (Tableau I). Il est situé dans les micaschistes granulitiques et résulte sans doute d'un surcreusement glaciaire au point de rencontre de plusieurs fractures importantes. Il est largement ouvert au nord vers les Hautes Alpes calcaires et au sud, un petit éboulis actif issu de la tête de Bellachat (2263 m) atteint le lac (Fig. 1) (Sesiano, 1993).

Le lac Cornu est l'un des plus grands mais aussi le plus profond lac de Haute-Savoie (22 m) (Tableau I), mis à part le Léman et le lac d'Annecy. C'est un lac d'origine glaciaire d'une superficie de 5,4 ha, ouvert vers l'Ouest et le Nord, alors qu'à l'Est, il est dominé par l'aiguille Pourrie (2562 m) et au Sud par l'Aiguille de Charlano (2549 m) (Fig. 1) (Balvay, 1978; Sesiano, 1993).

Le lac de Pormenaz est l'un des plus grands de la région Mont Blanc-Aiguilles Rouges avec une superficie de 4,4 ha et sa profondeur maximale est de 9,5 m (Tableau I). Il est situé à environ 600 m au Nord-Ouest de la Pointe Noire de Pormenaz

Tableau I: Morphométrie comparée des cinq lacs.

Caractéristiques morphométriques	Lac d'Anterne	Lac de Pormenaz	Grand Lac Jovet	Lac Cornu	Lac du Brévent
Latitude (N)	45°59'27.92''	45°57'39.64''	45°45'24.37''	45°57'27.1''	45°55'44.11''
Longitude (E)	6°47'56.35''	6°48'27.068''	6°43'51.78''	6°50'57.21''	6°49'41.32''
Altitude (m)	2061	1945	2174	2275	2247
Z max (m)	13,2	9,5	8,5	22	20,4
Volume (m³)	760 000	168 000	330 000	550 000	230 000
Surface (ha)	11,6	4,4	7,5	5,4	2,4

(2323 m), entièrement sur le Houiller et séparé de la chaîne des Aiguilles Rouges par la profonde vallée de la Diosaz (Fig. 1) (Sesiano, 1993).

Le Grand lac Jovet est un lac quadrangulaire de forme relativement régulière situé à 2173 m d'altitude (Fig. 1). Il occupe une zone déprimée du cristallin ancien du massif du Mont-Blanc. Il a une superficie de 7,5 ha et une profondeur maximale de 9,5 m (Tableau I) (Balvay et Blavoux 1981, Sesiano, 1993).

Le lac d'Anterne est situé dans une cuvette d'origine glaciaire sur le massif du Haut-Giffre. Plusieurs affluents alimentent le lac au Sud-ouest, au Sud et à l'Ouest. C'est le lac qui possède la plus grande surface (11,6 ha) et dont la profondeur maximale atteint 13,2 m (Tableau I) (Sesiano, 1993).

Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux des lacs étudiés sont présentées dans le tableau II. D'après la classification trophique établie par l'OCDE (1982), le lac Cornu semble être le seul à présenter un statut trophique oligotrophe puisqu'en moyenne, sur les six ans, la concentration moyenne de phosphore total dans l'eau est de 5 µg/L. Les trois autres lacs de la réserve des Aiguilles Rouges peuvent être considérés comme des plans d'eau oligo-mésotrophes puisque les concentrations moyennes de ce même élément ne dépassent pas 14 µg/L. Par contre, le lac d'Anterne présente une concentration moyenne en phosphore total de 32 µg/L au cours des six dernières années, ce qui lui confère un statut mésotrophe. Cependant, cette moyenne est essentiellement due à la valeur très élevée mesurée en 2003 (148 µg/L) (Tableau II) qui est certainement liée à une erreur d'analyse ou de manipulation d'échantillon lors du dosage de cet élément. Si l'on ne tient pas compte de cette valeur, la concentration moyenne de phosphore se situe autour de 9 µg/L, ce qui concorde davantage avec les résultats attendus et ceux des autres lacs qui ont à peu près le même profil.

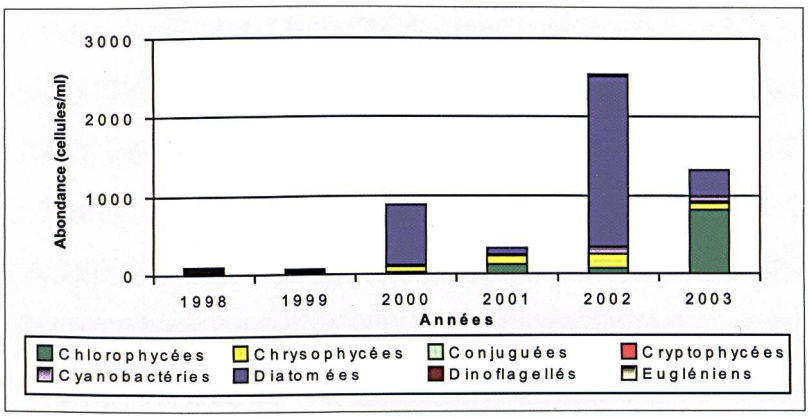
Les eaux de surface de ces lacs sont très pauvres en éléments minéraux. Il convient de souligner que le lac d'Anterne présente des concentrations beaucoup plus fortes que les quatre lacs de la réserve des Aiguilles Rouges. Il en va de même pour la conductivité qui est relativement faible et témoigne d'une faible minéralisation de l'eau. En ce qui concerne le Grand lac Jovet, il semble que la faible minéralisation des eaux soit due au substrat géologique du bassin essentiellement cristallin (Balvay et Blavoux, 1981). Cependant, elle est environ dix fois plus élevée dans le lac d'Anterne (139-163 µS/cm) que dans les quatre autres (Tableau II). Notons que la conductivité du lac Cornu est extrêmement faible (inférieure ou égale à 10 µS/cm) comme l'avait montré Balvay (1978) et le milieu est relativement acide (entre 5,2 et 7,5) comparativement aux autres lacs. Il est également intéressant de noter que le pH du lac Cornu n'a pas beaucoup varié depuis 1977 puisque Balvay (1978) avait déjà mesuré des pH compris entre 5 et 7,2.

Données biologiques (phytoplanctoniques)

1. Lac d'Anterne

Ce lac présente une abondance globale du phytoplancton très faible, puisque si elle était de 60 cellules par ml en 1999, cette dernière est d'un peu plus de 2500 cellules par ml en 2002 (Fig. 2), ce qui correspond à la concentration que l'on peut retrouver dans de l'eau traitée pour la potabilisation par exemple. Même si cette année correspond à l'abondance maximale, nous pouvons considérer cette eau comme une eau très pauvre en producteurs primaires planctoniques.

Fig. 2. Variation interannuelle de l'abondance du phytoplancton du lac d'Anterne de 1998 à 2003.



Les groupes taxonomiques majoritaires ne sont pas toujours les mêmes suivant les années (Fig. 2). En 1998, 2000 et 2002, les diatomées dominent et la petite centrique *Cyclotella cyclopuncta* est l'espèce principale. En 1999 et 2003 les chlorophycées sont le groupe prédominant et sont représentées essentiellement par de petits flagellés et d'autres chlorophycées dont l'identification n'a pas pu être précisée par manque de critères morphologiques évidents et clairs. Enfin, en 2001, ce sont les chrysophycées qui dominent, le genre *Ochromonas* étant majoritaire.

En ce qui concerne la richesse au sein des groupes taxonomiques, nous constatons que ce sont les diatomées qui sont les plus diversifiées (15 espèces) puis les chlorophycées (7 espèces) et les cyanobactéries (6 espèces). Par contre, nous pouvons noter l'absence totale de xanthophycées dans ce lac.

2. Lac Cornu

Le lac Cornu est celui des 5 lacs étudiés qui présente la plus faible abondance moyenne. En 1999, année où l'abondance est la plus faible, on retrouve 130 cellules par ml et en 2002, avec environ 1000 cellules par ml, ce qui constitue l'abondance la plus forte durant les six années étudiées (Fig. 3). Cette eau est donc très peu colonisée par le phytoplancton.

Par ailleurs, nous avons pu constater que les chrysophycées constituaient le groupe taxonomique majoritaire durant les six ans (Fig. 3). Il était essentiellement représenté par *Ochromonas* sp comme dans le lac d'Anterne en 2001.

Les chrysophycées sont également le groupe taxonomique qui a la plus grande richesse (7 espèces) puis les diatomées et les chlorophycées (6 espèces). Dans ce lac, nous avons constaté l'absence de cryptophycées et d'eugléniens.

3. Lac du Brévent

Le lac du Brévent est celui qui présente la plus forte abondance moyenne. L'abondance la plus faible est constatée en 2000 avec une concentration de presque 1300 cellules par ml (Fig. 4). Notons que cette concentration est plus forte que la concentration maximale observée dans le lac Cornu. D'autre part, l'abondance la plus importante est observée durant l'année 2002 avec une concentration de plus de 8000 cellules par ml (Fig. 4).

Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques des cinq lacs étudiés (nd = non déterminé)

Caractéristiques physico-chimiques	Lac d'Anterne						Lac de Pormenaz					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1998	1999	2000	2001	2002	200
pH	8,18	8,2	8	8	7,95	7,91	6,94	7,22	8,02	7,25	6,96	6,53
Secchi (m)	nd	6,35	3	3,75	2,35	5,45	nd	6,3	6,7	7	6	6,58
Cond. (µS/cm)	142	150	139	143	163	157	14	19	45	18	20	28
Ca^{2+} (mg/L)	30,5	28,1	23,1	25,5	30,5	29,6	1,7	2,55	5,75	1,7	1,9	1,7
Mg^{2+} (mg/L)	1,55	1,42	2,4	1,31	1,65	1,64	0,55	0,97	1,28	0,54	1,1	0,67
Na^{+} (mg/L)	0,34	0,24	0,16	0,51	0,18	0,45	0,32	0,31	0,47	0,48	0,66	0,38
K^{+} (mg/L)	0,27	0,15	0,21	0,01	0,08	0,09	0,41	0,24	0,25	0,088	0,13	0,2
NH_4^{+} (µgN/L)	51	1	32	1	19	16	49	1	44	1	47	24
NO_2^{-} (µgN/L)	2	1	1	1	1	1	2	4	2	0	1	1
NO_3^{-} (µgN/L)	70	70	90	130	90	80	20	10	160	0	80	40
NT (µgN/L)	360	720	160	160	190	nd	480	170	230	160	270	nd
Alc. (mé/L)	1,47	1,41	1,38	1,39	1,62	1,54	0,13	0,163	0,032	0,14	0,15	0,14
SO_4^{2-} (mg/L)	6,1	5,1	4,8	4,91	5,48	6,84	0,7	0,9	3,3	1,39	1,33	2,16
Cl^{-} (mg/L)	0,41	0,49	0,39	0,53	0,3	0,81	0,18	0,42	0,29	0,38	0,6	1,08
PO_4^{3-} (µgP/L)	2	0	11	0	1	138	1	34	2	0	1	1
PT (µgP/L)	11	14	21	0	2	148	16	43	5	2	4	8
SiO_2 (mg/L)	1,51	1,31	1,2	6,54	1,69	1,18	0,84	0,62	2,17	2,27	0,99	0,65
COT (mg/L)	0,94	1,21	0,73	0,74	0,93	nd	1,63	1,63	0,34	1,35	1,41	nd

A l'exception de l'année 2000 où les chlorophycées, plus particulièrement *Golenkiniopsis longispina* dominent le peuplement phytoplanctonique, les conjuguées sont majoritaires dans le lac et sont essentiellement représentées par *Spondylosium clypsedra*.

Les chlorophycées sont le groupe taxonomique qui présente la plus grande richesse (12 espèces) puis les diatomées (9 espèces) et les conjuguées (8 espèces). Tous les groupes taxonomiques sont représentés au moins une fois durant les 6 années d'échantillonnage.

4. Lac de Pormenaz

L'année 1999 est celle où l'abondance du phytoplancton est la plus faible avec environ 500 cellules/ml (Fig. 5). Cette chute de la densité de biomasse survient juste après un pic observé l'année précédente en 1998 où près de 3000 cellules par ml ont été recensées (Fig.5).

Mis à part l'année 2003 où les cyanobactéries (*Synechococcus elongatus* entre autres) dominent le peuplement, les chlorophycées sont majoritaires dans le lac le reste du temps. En 1998, ce groupe est représenté par plusieurs espèces de la famille des *Oocystaceae*, en 1999 et 2000 par plusieurs chlorophycées à l'identification imprécise, enfin en 2001 et 2002 par une chlorophycée coloniale: *Oocystis rhomboidea*.

Comme dans le lac d'Anterne, les diatomées présentent la plus grande richesse (16 espèces) puis les chlorophycées (12 espèces) et les conjuguées (10 espèces). Nous pouvons noter également l'absence de deux groupes taxonomiques, à savoir les xanthophycées et les eugléniens.

	Grand Lac Jovet						Lac Cornu						Lac du Brévent					
98	1999	2000	2001	2002	2003		1998	1999	2000	2001	2002	2003	1998	1999	2000	2001	2002	2003
37	7,34	7,68	7,62	7,1	8,34		5,2	7,53	6,33	6,21	6,38	6,1	7	6,3	7,73	6,8	7,22	6,4
	nd	6,86	6,3	5,8	2,94		nd	12,4	9,8	11,5	7,48	8	nd	nd	nd	4	3,08	3,2
	44	15	47	43	81		5	5	5	6	4	10	11	10	16	12	12	15
3	6,8	1,5	6,2	6	7,5		0,45	0,46	0,3	0,5	0,5	0,25	1,69	0,76	1,19	1,1	1,4	1,3
56	0,97	1,05	0,54	1	0,68		0,05	0,095	0,07	0,06	0,07	0,09	0,23	0,45	0,41	0,2	0,4	0,47
6	0,67	0,21	0,71	0,43	1,73		0,15	0,25	0,12	0,38	0,07	0,3	0,49	0,41	0,19	0,57	0,18	0,35
52	0,34	0,15	0,11	0,12	0,27		0,33	0,33	0,11	0,065	0,03	0,35	0,4	0,24	0,1	0,062	0,07	0,45
	29	18	0	10	8		28	12	17	14	13	5	73	2	7	5	11	3
	2	1	0	1	1		2	1	1	0	0	1	3	0	1	0	0	0
30	150	40	160	150	120		130	100	150	130	80	130	20	0	10	0	30	70
30	190	150	190	170	nd		330	700	200	200	130	nd	1820	250	110	140	130	nd
34	0,33	0,011	0,34	0,38	0,4		0,01	0,017	0,002	0	nd	0	0,08	0,035	0,052	0	0,08	0,09
1	3,4	0,9	3,61	3,5	5,16		0,7	0,7	0,6	1,34	1	1,95	2	2,1	1,5	2,13	1,9	3,06
35	0,47	0,34	0,38	0,14	2,19		0,7	0,7	0,25	0,71	0,15	0,91	0,3	0,5	0,1	1,21	0,18	1,16
	38	0	0	1	7		1	2	0	0	0	1	3	2	2	0	1	21
3	54	4	1	2	9		7	16	6	0	0	1	24	10	3	0	1	31
42	2,09	0,6	1,44	2,07	2,1		0,39	0,3	0,17	2,38	0,78	0,25	0,85	0,45	0,76	0,92	1,01	0,76
89	0,89	1,68	0,43	0,73	nd		0,78	0,9	0,79	0,43	0,76	nd	2,89	2,74	0,9	1,49	3,36	nd

5. Grand lac Jovet

Ce lac présente les écarts de concentration cellulaire les plus marqués, puisque l'on passe d'une abondance de 35 cellules par ml en 2000 à une abondance de plus de 9000 cellules par ml en 2003 (Fig. 6).

Comme dans le lac d'Anterne, ce sont les diatomées qui dominent le peuplement durant les 6 ans mais ne sont pas représentées par la même espèce. En effet, l'espèce *Fragilaria construens* est majoritaire sauf en 2002 où *Fragilaria tenera* est la plus abondante. Il convient de souligner que Balvay et Blavoux (1981) avait montré l'absence totale de chrysophycées dans le lac à l'époque de leur étude. En l'espace de 30 ans, ce groupe taxonomique s'est donc introduit dans le lac et a trouvé des conditions de développement propices à son implantation.

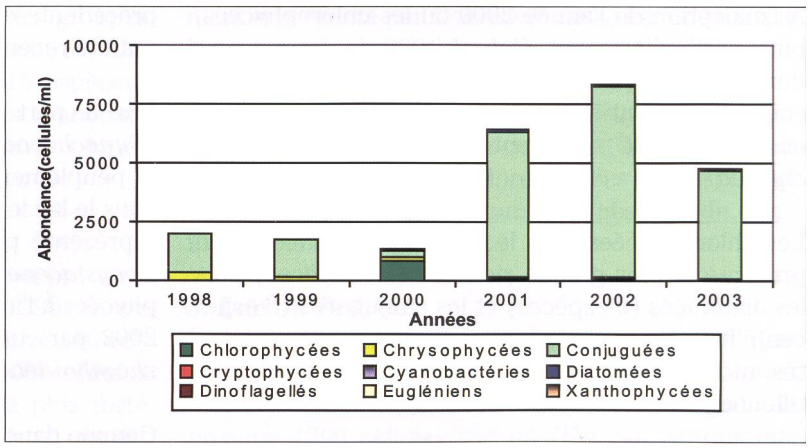


Fig. 4. Variation interannuelle de l'abondance du phytoplancton du lac du Brévent de 1998 à 2003.

Le Grand lac Jovet présente une richesse relativement importante au sein du groupe des diatomées (28 espèces) comparativement aux chlorophycées (10 espèces) ainsi qu'aux chrysophycées et aux cyanobactéries (5 espèces). Comme au lac Cornu, nous notons l'absence d'eugléniens dans ce lac.

6. Comparaison phytoplanctonique entre les 5 lacs

De manière générale, ces 5 lacs présentent une abondance relative faible, voire très faible pour le lac Cornu. Il est difficile d'observer une tendance à l'augmentation ou à la diminution de l'abondance pour les 5 lacs, bien que globalement l'abondance moyenne soit plus élevée pour les trois dernières années d'échantillonnage que pour les trois premières.

La richesse la plus forte est retrouvée au Grand lac Jovet en 1998 (30 espèces) alors que la plus faible se trouve dans le lac du Brévent la même année (8 espèces). La richesse est donc très hétérogène d'un lac à l'autre pour une même année même si ces derniers sont situés dans une même zone géo-morphologique. La richesse interannuelle est également très variable puisque l'on peut passer de 8 espèces en 1998 à 21 espèces en 2002 et 2003 pour le lac du Brévent. Il en va de même pour le Grand lac Jovet, mais la richesse diminue entre les années, cette dernière passant de 30 espèces en 1998 à 16 espèces en 2002.

Cependant, une analyse en composantes principales réalisée avec le logiciel ADE a montré qu'il y avait beaucoup plus de différences d'espèces entre les lacs qu'entre les années. Ces différences entre les lacs sont essentiellement dues à la présence d'espèces qui sont propres ou très abondantes dans un lac et retrouvées de façon sporadique dans les autres. Nous sommes ainsi en mesure de souligner que ces espèces sont *Oocystis rhomboidea* pour le lac de Pormenaz, *Spondylosium clypsedra* pour le lac du Brévent, *Mallomonas* sp pour le lac Cornu, *Fragilaria construens* pour le Grand lac Jovet et *Cyclotella cyclopuncta* pour le lac d'Anterne. La liste globale des espèces est présentée dans l'annexe 1.

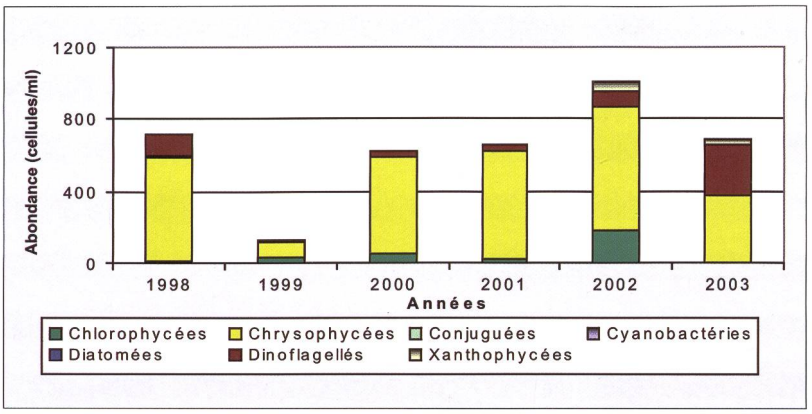


Fig. 3. Variation interannuelle de l'abondance du phytoplancton du lac Cornu de 1998 à 2003.

Conclusion

Il semble que les cinq lacs étudiés soient, de par leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques, des lacs oligotrophes. Il est difficile, de nos jours, de trouver des milieux

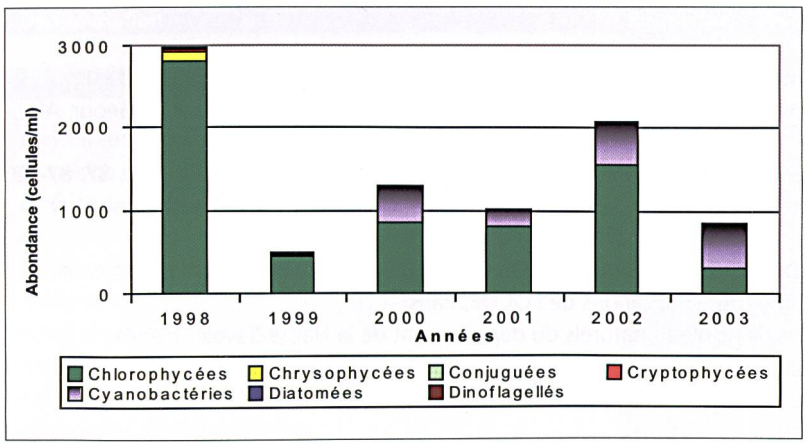
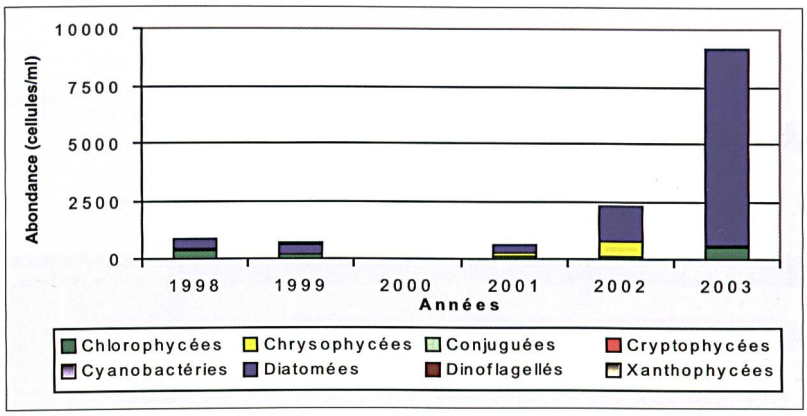


Fig. 5. Variation interannuelle de l'abondance du phytoplancton du lac Pormenaz de 1998 à 2003.

Fig. 6. Variation interannuelle de l'abondance du phytoplancton du Grand lac Jovet de 1998 à 2003.



de cette qualité sauf en haute montagne où les pressions humaines, agricoles et industrielles sont rares.

Le phytoplancton, quant à lui, est peu abondant et sa composition est assez peu variée puisque le nombre de taxons n'excède pas 61 dans le lac de Pormenaz et qu'il n'atteint que 27 au lac Cornu alors que la diversité atteint environ 1000 espèces dans le lac Léman et plus d'un million dans le monde.

Etant donné la qualité de ces lacs, il est important de les protéger et de sensibiliser le public afin d'éviter la détérioration de ces sites et les effets d'une fréquentation touristique accrue ou d'une pastoralisation incontrôlée.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le groupe ASTERS, en particulier J. Vodihn et la garderie des réserves de Sixt-Passy et des Aiguilles Rouges pour leur support technique.

Nous remercions également Jérôme Lazzarotto et le laboratoire de chimie de la Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA de Thonon-les-Bains pour les analyses des éléments nutritifs.

Enfin, nous sommes reconnaissants à Gérard Balvay et Christophe Leboulanger pour avoir participé à la relecture du manuscrit.

Bibliographie

- **Balvay G.** 1978. Un lac oligotrophe de haute montagne: le lac Cornu (Haute-Savoie). Rev. Géogr. Alp., 66: 31-41.
- **Balvay G, Blavoux B.**1981. Le grand lac Jovet (Haute-Savoie), milieu oligotrophe de haute montagne. Rev. Géogr. Alp., 69: 421-442.
- **Druart JC, Dorioz JM, Blanc P, Balvay G.** 1999. Un lac à protéger: le lac Bénit (Haute-Savoie). Rev. Géogr. Alp., 87: 87-99.
- **Dussart B.** 1953. Contribution à l'étude des lacs de Haute-Savoie: les lacs du Faucigny. Mém. Acad. Chablaisienne, 8: 36-46.
- **ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES.** 1982. Eutrophisation des eaux: méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. Publications de l'OCDE, Paris.
- **Sesiano J.** 1993. Monographie physique des plans d'eau naturels du département de la Haute-Savoie, France. Imprimerie du Conseil Général de Haute-Savoie, 144 pages.
- **Utermöhl H.** 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton. Methodik. Mitt. Intern. Ver. Limnol., 9: 1-38.

Annexe 1:

Liste des espèces retrouvées dans chaque lac durant les six années d'étude

Dénomination	Pormenaz	Jovet	Anterne	Cornu	Brévent
CHLOROPHYCÉES					
Chaetophoracées sp					X
Chlamydomonas sp		X			
Chlorophycées indéterminées	X	X	X	X	X
Crucigeniella rectangularis (Nägeli) Komarek	X		X		
Dictyosphaerium pulchellum Wood		X			
Elakatothrix gelatinosa Wille					X
Eutetramorus sp	X				
Flagellés (grands)		X			
Flagellés (petits)	X	X	X	X	X
Golenkiniopsis longispina (Korsikov) Korsikov		X			X
Golenkiniopsis parvula (Voronichin) Korsikov					
Monoraphidium circinale (Nygaard) Nygaard					X
Monoraphidium convolutum (Corda) Komarek-Legnerova	X				
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komarek-Legnerova			X		X
Monoraphidium tortile (W. & G.S. West) Komarek-Legnerova	X				
Oocystaceae sp	X	X			
Oocystis rhomboïdea Fott	X				
Oocystis sp			X		
Pediastrum boryanum var. *longicorne* Reinsch	X	X			
Pediastrum duplex var. *gracillimum* W. & G.S. West				X	
Phacotus lendneri Chodat	X	X			
Scenedesmus acutus Meyen	X				
Scenedesmus sp		X	X	X	X
Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann					X
Sphaerocystis schroeteri Chodat				X	
Tetraedron minimum (Brunel) Hansgirg			X	X	X
Tetraedron trigonum (Nägeli) Hansgirg sensu Skuja			X		
Trochiscia aciculifera (Lagerheim) Hansgirg					X
Volvox globator Linné	X				
Willea irregularis (Wille) Schmidle					X

Dénomination	Pormenaz	Jovet	Anterne	Cornu	Brévent
CHRYSOPHYCÉES					
Chrysolykos planctonicus Mack			X		
Dinobryon eurystoma nov. sp	X				
Dinobryon sertularia Ehrenberg	X			X	X
Dinobryon sociale var. *americana* (Brunthaler) Bachmann	X			X	X
Erkenia subaquaeciliata Skuja		X	X		
Kephyrion sp	X	X	X		X
Kystes de chrysophycées (14µ)	X	X		X	X
Kystes de chrysophycées (30µ)				X	
Mallomonas acaroides Perty	X				
Mallomonas akrokomos Ruttner	X				
Mallomonas sp				X	
Ochromonas sp (10 µm)				X	
Ochromonas sp (5 µm)		X	X	X	X
Stichogloea olivacea var. *sphaeroidea* Chodat	X	X			
CONJUGUÉES					
Closterium sp			X		
Cosmarium minimum W. & G.S. West	X				
Cosmarium novae-semliae var. *sibiricum* Boldt				X	
Cosmarium phaseolus var. *minus* (Boldt) Krieger & Gerloff	X				
Cosmarium sp	X		X		X
Euastrum sp					X
Euastrum subalpinum Messikommer	X				
Hyalotheca dissiliens (J.E. Smith) Brebisson ex Ralfs	X			X	X
Mougeotia (grosse cellule)			X		
Mougeotia sp	X	X	X	X	X
Oedogonium sp	X		X	X	X
Spondylosium clypsedra Beck					X
Staurastrum sp	X				X
Staurodesmus cuspidatus (Brebisson ex Ralfs) Teiling	X				X
Staurodesmus dejectus (Brebisson ex Ralfs) Teiling	X				
CRYPTOPHYCÉES					
Cryptomonas sp	X	X	X		
Rhodomonas minuta var. *nannoplanctica* Skuja	X	X	X		X
CYANOBACTÉRIES					
Anabaena circinalis Rabenhorst			X		
Anabaena oscillarioides Bory	X		X		
Aphanocapsa delicatissima W. & G.S. West	X				
Aphanocapsa planctonica (Smith) Komarek & Anagnostidis	X				
Aphanothece clathrata W. & G.S. West		X			
Chrysococcus sp					X
Limnothrix sp	X				
Lyngbya sp	X			X	X
Merismopedia glauca (Ehrenberg) Kützing		X			X
Merismopedia punctata Meyen			X		
Oscillatoria sp	X	X	X		
Phormidium mucicola Huber-Pestalozzi & Naumann	X	X	X		
Phormidium sp					X
Synechococcus elongatus (Nägeli) Nägeli	X	X	X		
Woronichinia ruzickae Komarek & Hindak	X				

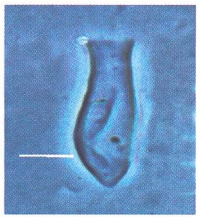
Dénomination	Pormenaz	Jovet	Anterne	Cornu	Brévent
DIATOMÉES					
Achnanthes calcar Cleve		X			
Achnanthes minutissima Kützing	X	X			
Amphora pediculus (Kützing) Grunow		X	X		
Asterionella formosa Hassall		X			
Aulacoseira sp	X				
Cocconeis placentula Ehrenberg	X				
Cyclotella cyclopuncta Hakansson & Carter	X	X	X	X	X
Cyclotella radiosa (Grunow) Lemmermann			X		
Cyclotella sp		X			
Cymbella helvetica Kützing		X			
Cymbella minuta Hilse		X			
Cymbella sp	X	X	X	X	X
Denticula tenuis Kützing		X	X		
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve		X	X		
Eunotia sp	X		X	X	X
Fragilaria construens (Ehrenberg) Grunow	X	X	X		X
Fragilaria crotonensis Kitton	X	X	X		
Fragilaria pinnata Ehrenberg		X			
Fragilaria sp		X			
Fragilaria tenera (Smith) Lange-Bertalot		X	X		
Fragilaria virescens Ralfs	X				
Gomphonema carolinense Hagelstein					X
Gomphonema clavatum Ehrenberg	X				
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson	X				
Gomphonema sp	X	X	X		
Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst	X		X		X
Melosira varians Agardh		X			X
Navicula pupulla Kützing		X			
Navicula radiosa Kützing		X			
Navicula sp	X	X	X	X	X
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow		X			
Nitzschia sp		X	X		
Pinnularia biceps Gregory		X			
Placoneis clementis (Grunow) Cox		X			
Rhoicosphenia sp			X		
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) Müller		X			
Stephanodiscus sp				X	
Surirella linearis Smith	X				
Surirella sp		X			
Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing	X	X			X
DINOFLAGELLÉS					
Gymnodinium helveticum Penard			X		
Gymnodinium lantzschii Utermöhl	X		X	X	
Gymnodinium limitatum Skuja		X			
Gymnodinium oligoplacatum Skuja	X	X		X	X
Gymnodinium sp	X	X	X	X	X
Peridinium umbonatum Stein	X				
EUGLENOPHYCÉES					
Trachelomonas sp					X
Trachelomonas volvocina Ehrenberg			X		

Dénomination	Pormenaz	Jovet	Anterne	Cornu	Brévent
XANTHOPHYCÉES					
Isthmochloron trispinatum (W. & G.S. West) Skuja				X	X
Tribonema minus (Klebs) Hazen		X			
Tribonema sp					X
TOTAL DES ESPÈCES	**61**	**55**	**44**	**27**	**45**

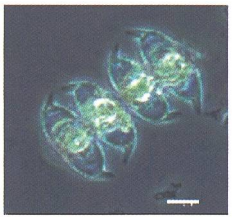
Annexe 2:

Quelques espèces rencontrées dans les cinq lacs étudiés (le trait dans la photo correspond à 10 µm)

Lac de Pormenaz



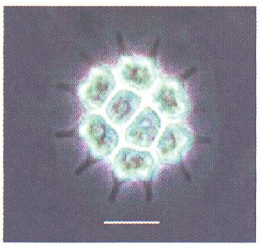
Dinobryon eurystoma nov var.



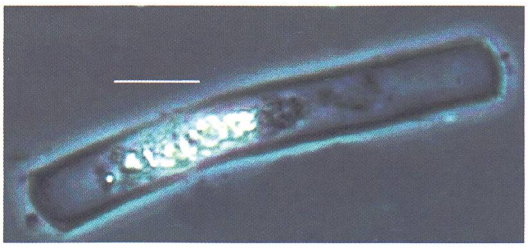
Staurodesmus apiculatus

Gomphonema acuminatum

Grand lac Jovet

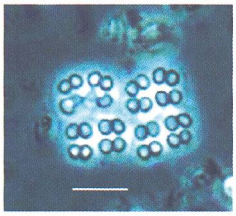


Pediastrum boryanum

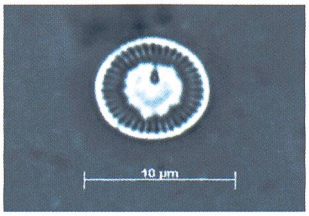


Mougeotia sp

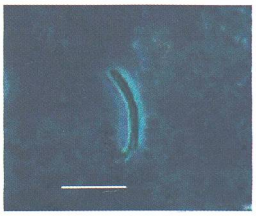
Lac d'Anterne



Merismopedia punctata

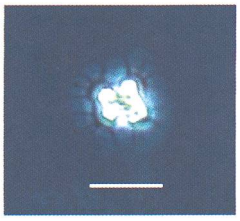


Cyclotella cyclopuncta



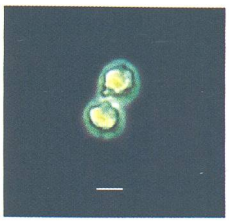
Synechococcus elongatus

Lac Cornu



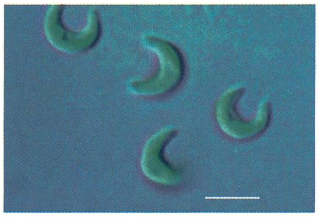
Isthmochloron trispinatum

Gymnodinium oligoplacatum

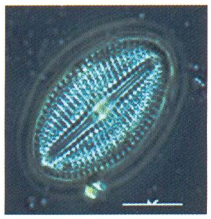


Ochromonas sp

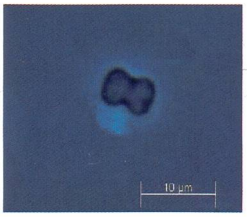
Lac du Brévent



Monoraphidium circinale



Diploneis elliptica



Spondylosium clypsedra