Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 91 (2008-2009)

Heft: 4

Artikel: Evaluation de la qualité chimique et biologique d'un petit lac du Plateau suisse (lac de Bret, canton de Vaud)

Autor: Lods-Corzet, Brigitte / La Harpe, Michaël de / Reymond, Olivier

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-282158

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

Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 91.4: 363-387 ISSN 0037-9603

Evaluation de la qualité chimique et biologique d'un petit lac du Plateau suisse (lac de Bret, canton de Vaud)

par

Brigitte LODS-CROZET[1], *Michaël DE LA HARPE*[1], *Olivier REYMOND*[1] *et Andrés STRAWCZYNSKI*[1]

Résumé.–LODS-CROZET B., DE LA HARPE M., REYMOND O. & STRAWCZYNSKI A., 2009. Evaluation da la qualité chimique et biologique d'un petit lac du plateau suisse (lac de Bret, canton de Vaud). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 91.4: 363-387.
Un suivi des conditions physico-chimiques et du zoobenthos profond est effectué depuis les années 1980 dans un petit lac d'accumulation, le lac de Bret. Des recensements récents (2007-08) ont permis de compléter les données sur le phytoplancton, la végétation aquatique et les invertébrés benthiques littoraux. La baisse sensible de la concentration moyenne annuelle pondérée en phosphore total de 50.6 à 32.1 µg/L depuis 1987 n'est cependant pas suffisante pour réduire la production primaire. Elle n'a pas eu d'impact majeur sur les indicateurs trophiques comme la chlorophylle *a* et la transparence. Les volumes d'eau anoxiques pendant la période de stratification estivale ainsi que la durée de l'anoxie restent toujours trop élevés. Les communautés végétales et invertébrées de la zone littorale sont moyennement diversifiées. Quatre espèces de mollusques et d'odonates sont classées sur la liste rouge suisse. Des mesures d'assainissement au niveau du bassin versant (réseau d'égouts, fertilisation agricole) sont esquissées pour réduire la charge en phosphore et limiter l'anoxie des couches profondes. Une meilleure qualité chimique des eaux est l'élément clé pour la restauration d'espèces localement disparues, la conservation d'espèces menacées et la production d'eau potable à moindre coût.

Mots clés: monitoring, physico-chimie, végétation aquatique, invertébrés benthiques, odonates, zone littorale, profondeur, réservoir.

[1]Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement du canton de Vaud, Boveresses 155, CH -1066 Epalinges, Suisse; e-mail: brigitte.lods-crozet@vd.ch

CODEN: BSVAA6

2009 © Société vaudoise des Sciences naturelles
Droits de reproduction réservés

Abstract.–LODS-CROZET B., DE LA HARPE M., REYMOND O. & STRAWCZYNSKI A., 2009. Physico-chemical and biological assessment of a small Swiss lake (lac de Bret, canton de Vaud). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 91.4: 363-387.
The physico-chemistry and deep zoobenthic communities are monitored since the eighties in a small reservoir lake (Lake Bret). Recent biological data (2007-08) were collected on phytoplankton, aquatic vegetation and littoral invertebrates. The significant decrease of the weighted mean annual total phosphorus concentration from 50.6 to 32.1 µg/L since 1987 is however not suffisant to reduce the primary production. No major impact on the trophic indicators like the chlorophyll a and the transparency were detected. The volumes of anoxic water during the summer stratification period and the duration of the anoxia are still too high. In the littoral zone, botanic and invertebrate communities are moderately diverfisied. Four mollusca and odonata species are pointed out; they are classified on the Swiss red list. At the catchment area level, remedial actions on the sewage network and agricultural fertilisation are outlined to reduce the phosphorus load and to limit the anoxia in the deepest parts of the lake. A better chemical water quality is the driving force for the restoration of regionally extinct species, the conservation of endangered species and the production of drinking water at a better price.

Keywords: monitoring, physico-chemical characteristics, aquatic vegetation, benthic invertebrates, odonata, littoral zone, depth, reservoir

Introduction

De nombreux petits lacs du Plateau suisse ont été soumis à une eutrophisation accélérée dès la fin du XIXe siècle comme les lacs de Baldegg, Sempach, Hallwil et Greifen par exemple (Liechti 1994). Le lac de Bret n'a pas échappé à cette règle et se trouve en 1939 déjà classé comme lac eutrophe (Mercier & Gay 1954).

A l'origine, le lac de Bret n'était qu'un étang de faible superficie, alimenté par les eaux de pluies et quelques affluents mineurs. Son émissaire, le Forestay, emportait une partie des eaux jusque dans le Léman (bassin du Rhône). Pourtant, sa proximité avec la ligne de partage des eaux séparant les bassins versants du Rhône et du Rhin a incité la compagnie Lausanne-Ouchy à percer, en 1870, une galerie d'adduction de 300 m entre la rivière le Grenet (affluent de la Broye) et le lac de Bret, multipliant ainsi par dix la surface du bassin d'alimentation qui n'occupait initialement que 2 km^2 (figure 1) (Mercier 1962). La convention passée avec l'Etat de Vaud a autorisé la compagnie à fermer l'exutoire naturel du lac (le Forestay) par un barrage et à utiliser une partie des eaux du Grenet pour transformer le lac en bassin d'accumulation (Cosandey 1948). Dès lors, le niveau d'eau de ce petit lac a été relevé une première fois de 2.5 m en 1875 et une seconde fois de 3.0 m en 1918. Ces différentes modifications hydrologiques ont aggravé la détérioration de la qualité des eaux et en particulier le manque d'oxygène chronique du lac en fin de période estivale. Ceci a incité la compagnie Lausanne-Ouchy à mettre en place dès 1947, une station d'aération du lac au niveau de la prise d'eau, mais ce

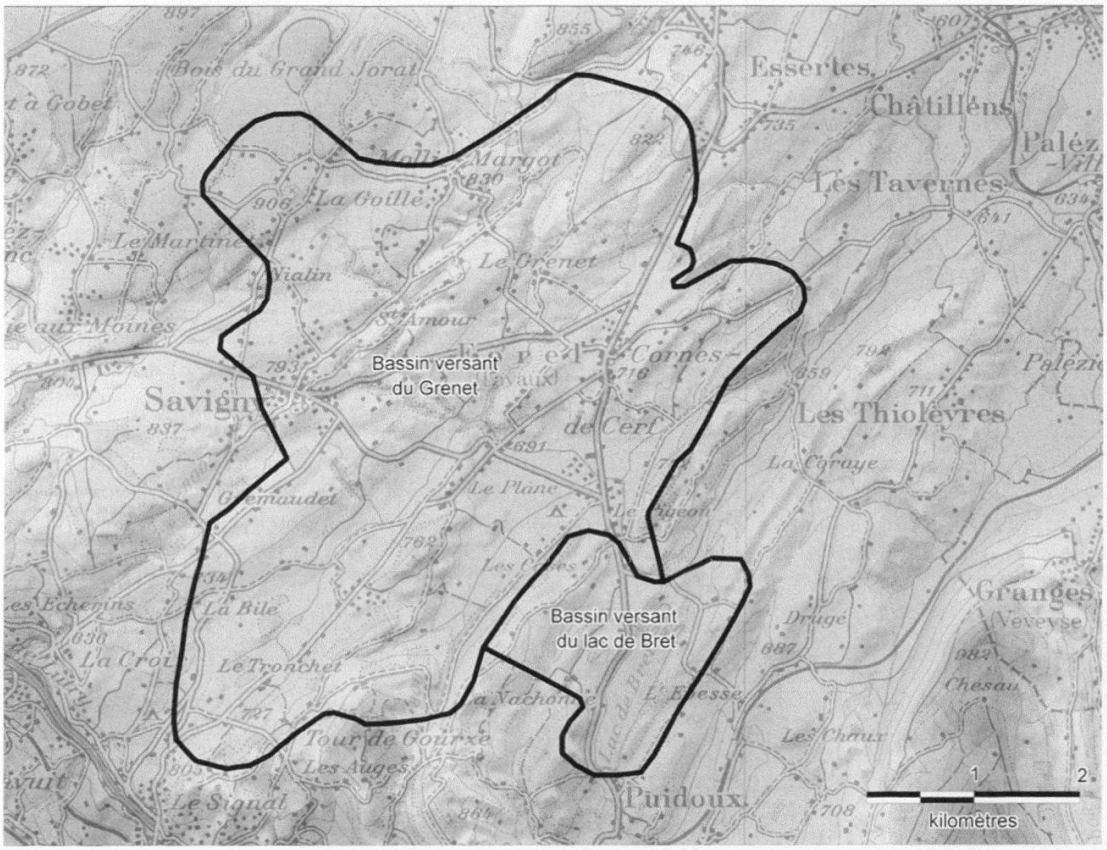

Figure 1.–Délimitation des bassins versants du Grenet amont et de Bret (source - Services des Eaux de la Ville de Lausanne; reproduit avec l'autorisation de swisstopo BA100102).

procédé s'est vite révélé insuffisant. Depuis 1972, l'eau est réoxygénée à sa sortie à la station de pompage. Notons encore que les eaux du lac ont été utilisées dès 1875, d'une part pour le fonctionnement du funiculaire Lausanne-Ouchy – Lausanne Gare CFF et d'autre part pour alimenter en eau potable des communes suburbaines (MERCIER 1962). Dès 1957, l'exploitation du lac a été reprise par le Service des eaux de la ville de Lausanne. En 1960, une station de traitement (usine de Bret) a été inaugurée au sud du lac afin de garantir la qualité de l'eau potable distribuée dans les communes voisines (Savigny, Forel). Elle comprend une chaîne de traitement extrêmement longue et complexe pour garantir une bonne potabilisation de l'eau du lac.

L'augmentation de l'eutrophisation du lac, favorisée par la surfertilisation agricole et l'augmentation de la population dans le bassin versant dans les années 1970, a alarmé les services publics qui ont dès lors mandaté plusieurs études et expertises pour quantifier les flux de nutriments via les eaux de ruissellement et les eaux du Grenet (SEVL 1987, ZUMSTEIN 1989, GED 1991).

Un monitoring du lac a été mis en place à partir de 1987 par le laboratoire cantonal du Service des Eaux, Sols et assainissement (SESA) pour la physico-chimie et, dès les années 1980, pour le zoobenthos par le Service des Forêts, de la Faune et de la Nature (SFFN) (LANG 1980). La présente étude vise à

établir une synthèse des données acquises sur la physico-chimie des eaux, le phytoplancton, la végétation aquatique et les invertébrés benthiques littoraux et profonds et de les comparer avec les données anciennes (fin du XIXe et début du XXe siècle). Elle permettra aussi d'émettre des recommandations pour une meilleure gestion et protection de ses rives face aux atteintes mécaniques d'érosion et aux influences humaines (conséquences de l'eutrophisation, petite batellerie) afin d'améliorer la valeur écologique de ce site à haute valeur naturelle et paysagère.

Site d'études

Le lac de Bret est situé sur la commune de Puidoux à environ 10 km à l'est de Lausanne. D'origine morainique, il occupe une dépression molassique aux versants très inclinés, surtout aux extrémités est et ouest. Il est fermé au sud et au nord par des dépôts glaciaires (Cosandey 1948). Le sous-sol du lac est formé de couches de grès, de marne et d'argile (Mercier 1962). Ses principales caractéristiques géographiques, morphologiques et hydrologiques sont présentées dans le tableau 1.

L'alimentation du lac est assurée par les précipitations qui tombent sur les bassins versants du Grenet et de Bret dont seule une partie aboutit dans le lac par ruissellement, par l'apport de ruisseaux mineurs et par le canal d'adduction du Grenet (28% en 2008). Le bassin versant est très agricole avec près de 63% des terres vouées à l'agriculture avec des sols moyennement profonds à profonds et une perméabilité ralentie.

Le double relevage des eaux de ce lac (1875 et 1918) a inondé une large zone marécageuse sur sa rive nord et les trois-quarts de ses rives sont encore naturelles. Au niveau de sa protection, le pourtour du lac de Bret est inclus dans une réserve de faune cantonale depuis 1992. Le site du lac de Bret et du bois de la Vulpillière sont également inscrits à l'Inventaire des monuments naturels et des sites du Canton de Vaud.

Le dernier inventaire des poissons du lac date de 1985-87 et treize espèces y ont été dénombrées (truites fario et lacustre, ablette, brème, brochet, chevaine, loche franche, perche, rotengle, sandre, tanche, vairon, vengeron). En 2008, l'effort de pêche de loisir s'est porté sur huit espèces (truites fario, brochet, chevaine, perche, sandre, tanche, vairon, vengeron) et le repeuplement n'a concerné que les brochets. Deux espèces d'écrevisses américaines (*Orconectes limosus*, *Pascifastacus lenuisculus*) sont présentes (données SFFN) (tableau 1).

Tableau 1.–Principales caractéristiques géographiques, morphométriques et hydrologiques du lac de Bret.

Altitude du plan d'eau		673 m
Latitude		46°23'14" N
Longitude		7°07'46" E
Profondeur maximum		20 m
Profondeur moyenne		9.1 m
Longueur des rives		4 km
Longueur de rives naturelles		3 km
Surface du lac (à côte max.)		50 ha
Volume du lac à côte max.		4.3 106 m^3
Surface du bassin versant (Bret + Grenet)		23.3 km^2
Variations niveau eau (673 m) entre 1998 et 2008		-1.50 à - 5.10 m
Précipitations en 2008 (station Forel)		1112.2 mm
Temps théorique moyen de renouvellement des eaux		2 ans
Nombre mois de gel		0 - 3
Débit entrant par le Grenet (2008)		0.132 m^3 s-1
Débit sortant en 2008 (Usine de Bret)		0.183 m^3 s-1
Occupation des bassins versants Bret et Grenet	lac	2.5%
	agriculture	62.6%
	urbanisé	9.1%
	forêts	19.5%
	prairies	6.3%

Stations et Méthodes

Physico-chimie et phytoplancton

La station d'étude est suivie 10 à 11 fois par année entre mars/avril et décembre, depuis 1987, par le SESA pour les contrôles physico-chimiques et la récolte d'eau pour l'étude du phytoplancton (depuis 2007). Cette station se situe à la verticale de la profondeur maximale (20 m) du lac (coordonnées CH: 548850/151380). La colonne d'eau est échantillonnée en surface, puis tous les 2 mètres jusqu'à 1 mètre au-dessus du fond, à l'aide d'une bouteille de type Schöpf pour les analyses physico-chimiques. La température de l'eau et l'oxygène dissous sont mesurés in situ à l'aide d'un oxymètre WTW-TA et la transparence de l'eau est évaluée avec un disque de Secchi.

Dans le Grenet, à 400 m en amont de la dérivation vers le lac de Bret, un échantillon instantané a été prélevé au droit de la station d'épuration (STEP) de Forel Pigeon (coordonnées CH: 548860/152950), le 27 mars 2007, pour une analyse des éléments chimiques majeurs.

Pour le phytoplancton, les 10 premiers mètres de la colonne d'eau ont été échantillonnés au moyen d'une bouteille de prélèvement cumulatif (SCHRÖDER 1969), durant l'année 2008 pendant le suivi physico-chimique. Tous les échantillons d'eau contenant du phytoplancton ont été fixés au lugol, amenés au laboratoire et examinés au microscope inversé dans une chambre à sédimentation de Utermöhl (UTERMÖHL 1958) afin de déterminer les espèces d'algues présentes et d'établir leur abondance. La concentration en chlorophylle *a* est mesurée selon la méthode décrite par STRICKLAND & PARSONS (1968).

Végétation aquatique

La végétation aquatique a été échantillonnée les 28 juin et 19 juillet 2007 sur 4 secteurs de rive (A, B, C et D) d'une longueur totale de 280 m (figure 2). Le choix des secteurs a été défini pour couvrir un maximum de types de rives (pente, nature de la rive, faciès d'érosion/accumulation, présence de roselières et nupharaies, forêt riveraine). Chaque secteur comprend sept transects répartis de manière régulière le long du tronçon étudié. Les transects ont été réalisés perpendiculairement à la rive et se composent chacun de quatre quadrats de 50 x 50 cm, échelonnés entre 0.50, 1.00, 2.00 et 3.00 m de profondeur. La procédure d'échantillonnage est tirée de l'adaptation de la méthode PLOCH (OERTLI *et al.* 2002, 2005). Les espèces ont été déterminées directement sur place.

Invertébrés

L'échantillonnage des invertébrés benthiques du littoral s'est déroulé fin avril 2007 dans les 4 mêmes secteurs d'étude que ceux choisis pour la végétation aquatique. Dix prélèvements par secteur ont été effectués, en les répartissant sur les habitats les plus représentatifs de chaque secteur. Les prélèvements ont été effectués selon une adaptation de la méthode PLOCH (OERTLI *et al.* 2002, 2005) depuis la berge et jusqu'à une profondeur d'environ 1 mètre avec un filet standard d'une ouverture de 14x10 cm et possédant un vide de maille de 0.5 mm. Le contenu des prélèvements a ensuite été trié en laboratoire. Les invertébrés ont été déterminés jusqu'au niveau du genre, voir de l'espèce quand cela était possible. De plus, des observations ont été effectuées hors de ces secteurs en plongée.

Un recensement des Odonates adultes a été réalisé sur le périmètre du lac, les 29 juin et 24 août 2007 selon le protocole de la méthode PLOCH (OERTLI *et al.* 2002, 2005). Pour ce faire, 20 secteurs de 30 m ont été définis dans le

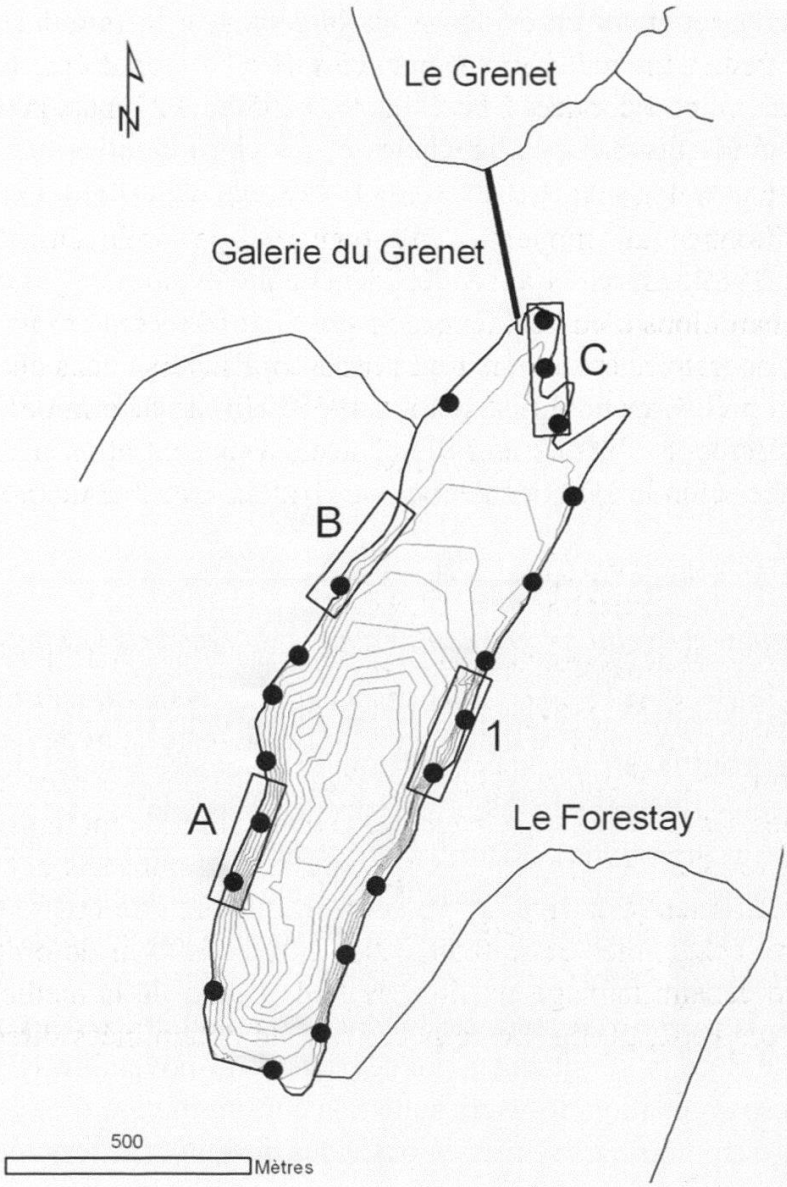

Figure 2.–Emplacement des secteurs de recensement des odonates sur les rives (cercles noirs). Emplacement des 4 secteurs d'échantillonnage des macrophytes et macroinvertébrés dans le littoral en 2007 (rectangles A à D). Courbes bathymétriques du lac (isobathes 2 m) (Services des Eaux de la Ville de Lausanne, 2008).

but de prospecter activement environ un sixième des rives. Pour chacun de ces secteurs, une prospection active de 10 minutes (temps de capture et de détermination exclus) a été effectuée.

Le zoobenthos profond a été échantillonné le 24 mars 2003 dans la zone de profondeur maximale du lac et dans une zone de 10 m de profondeur (coordonnées CH: 548700/151400). Douze prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier (surface 16 cm^2) à partir d'un bateau. Les prélèvements des années antérieures (1984 à 1998) ont été assurés en plongée dans les mêmes zones de profondeur avec des tubes carottiers de même surface. Après coloration

au Rose Bengal mettant en évidence les oligochètes, les organismes ont été triés et comptés sous une loupe binoculaire. Les oligochètes, chironomidés et chaoboridés ont été ensuite pesés après passage sur du papier absorbant (biomasse, poids frais). Les oligochètes et les chironomidés ont été ensuite montés entre lame et lamelle (REYMOND 1994) puis identifiés à l'espèce ou au groupe d'espèces.

La qualité biologique des eaux du Grenet a été évaluée à 400 m en amont de la prise d'eau du lac de Bret (coordonnées CH: 548860/152950). Un indice de qualité biologique basé sur les invertébrés benthiques a ainsi été calculé sur la base d'un prélèvement réalisé le 27 mars 2007 (indice RIVAUD) (LANG & REYMOND 1995).

RÉSULTATS

Caractérisation et évolution physico-chimique du lac et du Grenet amont

Le lac est classé parmi les lacs tempérés, présentant deux périodes de circulation complète des eaux, et un gel superficiel pouvant atteindre 3 mois (lac dimictique froid) (tableau 1). Depuis le début du suivi en 1987, le lac est soumis à une phase d'anoxie saisonnière, de mi-juin à fin octobre, pour laquelle les valeurs d'oxygène dissous passent en-dessous de 4 mg/L. La transparence des eaux oscille suivant la saison entre 1 et 3.50 m et n'évolue pas non plus depuis 1987 (figure 3).

En 2008, la période de gel a été longue (84 jours) et les deux périodes de circulation des eaux se situent à fin février et mi-novembre (figure 3). La phase de désoxygénation des eaux suite à la consommation d'oxygène par les organismes décomposeurs se met en place dès mi-juin et se termine seulement fin octobre, ce qui induit quatre mois et demi d'anoxie des couches profondes. Des eaux pauvres en oxygène (< 4 mg/L) apparaissent pendant la phase estivale dès 7 m de profondeur. La transparence des eaux (figure 3) est faible et fluctue aussi en fonction de la saison entre 2.70 m pendant les phases de circulation et 1.60 m pendant les phases de stagnation des eaux.

Les eaux sont alcalines (pH 8.1) et bien minéralisées (tableau 2). Les teneurs en composés azotés (ammonium, nitrite, nitrate) sont relativement élevées. Le chlorure, indicateur des activités humaines dans le bassin versant (industries, eaux usées et leur traitement, agriculture, sels de déneigement) est assez élevé (moyenne de 12.1 mg/L en 2008) mais a tendance à diminuer légèrement ces vingt dernières années (17.0 mg/L en 1987).

Le phosphore total, qui est l'élément nutritif limitant la croissance du phytoplancton, a diminué graduellement de 50.6 à 32.1 µg/L, soit de 37% dans le lac depuis 1987 (figure 4). Les pics observés en 1989, 1994-95 et 2003 sont à mettre en relation avec les bas niveaux d'eau du lac pendant les fortes

périodes de production algale estivale en surface qui provoquent un relargage de phosphore, du sédiment vers les couches d'eau anoxiques. Aucune évolution des teneurs en oxygène dissous dans les couches profondes n'a pu être mise en évidence depuis le début du suivi. Elles restent de l'ordre de 1 mg/L de juin à fin octobre chaque année.

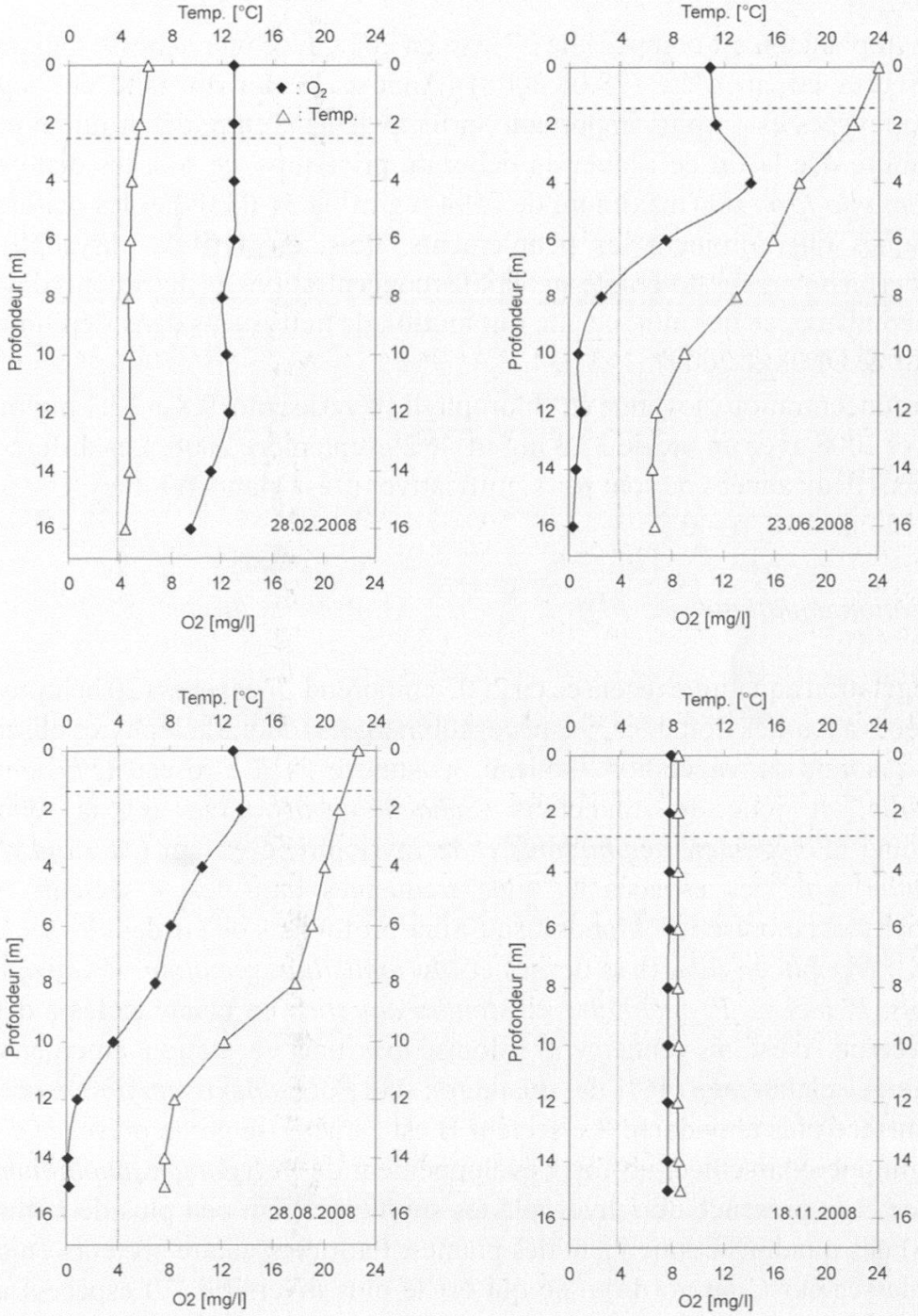

Figure 3.–Profils saisonniers de température, oxygène dissous et transparence des eaux (traitillé horizontal) à 4 périodes en 2008. La limite de 4 mg/L d'oxygène dissous est aussi visualisée.

Dans le Grenet amont, les concentrations en carbone organique dissous (2.78 mg/L), orthophosphate (0.023 mg/L), ammonium (0.063 mg/L) et nitrate (1.95 mg/L) indiquent ponctuellement une bonne qualité physico-chimique des eaux en mars 2007.

Phytoplancton et chlorophylle a

Le phytoplancton est composé de 27 taxa en 2008 avec une richesse maximum de 18 taxa en fin d'été (28.08.2008) (Annexe 1). La diversité des algues chlorophycées est la plus importante, principalement entre début juillet et fin septembre. De la fin de l'hiver au début du printemps, ce sont les diatomées *Asterionella formosa* (maximum de 7594 mg/m^3 le 31.03.08) et les diatomées centriques qui dominent les peuplements. Puis, en avril la chrysophycée *Dinobryon divergens,* tolérante aux faibles concentrations en nutriments devient très abondante, ce qui indique une diminution de nutriments dans l'épilimnion (Rimet & Druart 2009).

La concentration moyenne en chlorophylle *a* varie entre 9.8 et 12.1 mg/m^3 en 2007 et 2008 avec un pic de 32.3 mg/m^3 le 29 septembre 2008. Les différences entre ces deux années ne sont pas significatives (Test Mann-Whitney, $U = 58.5$, $n1 = 12$, $n2 = 10$, $p = 0.921$).

Végétation aquatique

La végétation aquatique recensée en 2007 comprend 27 espèces (20 hélophytes, 2 espèces à feuilles flottantes, 6 espèces submergées) dont 5 hélophytes observés hors quadrats de végétation (tableau 3, Annexe 2). Le roseau (*Phragmites australis*), le jonc des tonneliers (*Schoenoplectus lacustris*), la renouée amphibie (*Polygonum amphibium*) et le myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*) sont les espèces les plus fréquentes dans les 4 secteurs. Des hydrophytes colonisent des fonds jusqu'à une profondeur de 3 m dans les secteurs B et C: *Nymphaea alba* (très dense) et *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus, P. lucens, P. pectinatus* et *Mentha aquatica* en plants isolés à dense. Le secteur A est moyennement colonisé par une végétation émergente et submergée clairsemée (46% des quadrats); seul *Polygonum amphibium* occupe une surface plus abondante. Le secteur B est caractérisé par la présence d'une phragmitaie clairsemée, un fort développement de *Polygonum amphibium* en surface et la présence de 5 hydrophytes submergés. Un peu plus de la moitié (53%) des quadrats contiennent des plantes. Parmi les quatre secteurs étudiés, c'est le secteur C au nord du lac qui est le plus diversifié (20 espèces) avec une végétation souvent très dense où 82% des quadrats sont colonisés. Dans le secteur D à pente raide et rive boisée, la végétation est très pauvre (21% des quadrats colonisés).

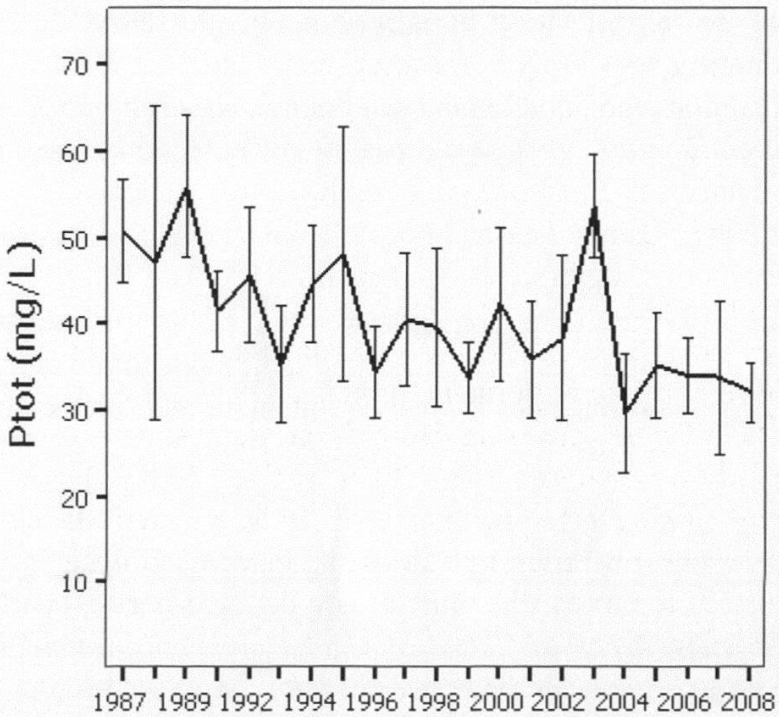

Figure 4.–Evolution de la concentration moyenne annuelle pondérée de phosphore total entre 1987 et 2008.

Tableau 2.–Caractérisation physico-chimique des eaux du lac de Bret en 2008 (moyennes pondérées (M) par le volume pour les concentrations; nombre de mesures = 102).

Paramètre		M	Min	Max
Alcalinité	méq/L	3.47	2.3	4.36
Ammonium	mg N/L	0.221	0.005	2.08
Calcium	mg/L	56.72	32.69	69.43
Carbone organique total	mg C/L	3.22	2.76	4.46
Chlorure	mg/L	12.06	11.19	12.7
Conductivité	µS/cm, 25°	378	271	437
Magnésium	mg/L	8.95	8.26	9.83
Nitrate	mg N/L	0.55	0	1.16
Nitrite	mg N/L	0.02	0.002	0.068
pH		8.12	7.48	8.67
Phosphate	mg P/L	0.007	0.001	0.133
Phosphore total	mg P/L	0.044	0.012	0.319
Potassium	mg/L	2.83	2.17	5.22
Silice	mg SiO_2/L	1.81	0.01	5.44
Sodium	mg/L	8.53	7.71	9.23
Sulfate	mg/L	7.35	0	9.07

L'évolution de la végétation aquatique depuis le début du XXe siècle (tableau 3) montre que 4 espèces recensées par Meyer en 1904 n'ont pas été retrouvées: *Alisma gramineum, Nuphar luteum, Chara vulgaris* et *Myriophyllum verticilatum*. *Sparganium erectum* n'a pas été retrouvé après 1980 (Dupertuis *et al.* 1980) tandis que *Elodea nutalii* semble avoir remplacé *E. canadensis* entre 1996 et 2007. *Menyanthes trifoliata* n'a été recensé qu'en 1980 et *Typha latifolia* apparaît pour la première fois dans les relevés de 1980.

La végétation aquatique semble relativement stable entre 1996 et 2007 avec 28 respectivement 27 espèces si l'on ne tient pas compte des différentes espèces de *Carex* qui n'ont pas été systématiquement identifiées.

Odonates adultes

Le recensement des libellules lors de deux journées d'observation sur 20 secteurs (figure 2) a permis d'établir la liste de 22 espèces reparties dans 6 familles différentes. *Ischnura elegans*, *Orthetrum cancellatum*, *Enallagma cyathigerum*, *Platycnemis pennipes* et *Anax imperator* sont les plus fréquentes par ordre d'abondance décroissante (tableau 4).

C'est dans la région nord du lac que les libellules sont les plus diversifiées et abondantes (maximum de 14 espèces dans les secteurs n° 10, 12, 13). Dans le secteur forestier n°16, aucune libellule n'a été recensée. La présence des trois ceintures successives de végétation (roselière, nupharaie et hydrophytes submergées) constitue certainement un facteur majeur permettant leur diversification. Le genre *Sympetrum* a été observé uniquement dans cette région. D'après les données du Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF), trois espèces de *Sympetrum* (*S. danae, S. depressiusculum, S. striolatum*) n'ont plus été observées depuis 1938. Les deux premières font partie de la liste rouge des libellules menacées de Suisse (Gonseth & Monnerat 2002) et classées respectivement comme potentiellement en danger et vulnérable. *Pyrrhosoma nymphula* observé en 2006 n'a pas été recensé en 2007. La première campagne relativement tardive de 2007 (fin juin) explique sans doute l'absence de cette espèce émergeant précocement. *Erythromma lindenii*, espèce peu fréquente en 2007 (2 spécimens dans le secteur 7 le 29 juin 2007), est classée comme potentiellement en danger et constitue une première observation pour le lac de Bret. Sept autres espèces (les 2 lestidés, *Erythromma viridulum, Aeshna isoceles, Anax parthenope, Cordulia aenea, Crocothemis erythraea*) sont également nouvelles pour le lac.

Invertébrés benthiques du littoral

La faune des invertébrés du littoral, recensée dans 4 secteurs de typologie différente (figure 2) comprend au total 49 taxons avec une richesse taxonomique par secteur comprise entre 24 et 27 taxons. Trois espèces ont

Tableau 3.–Liste des plantes aquatiques du lac de Bret et évolution depuis le début du XXe siècle.

	abbréviations	2007	1996	1980	1904
Hélophytes					
Alisma gramineum Lejeune					x
Alisma plantago-aquatica L.	alis pla	x	x	x	
Carex acutiformis Ehrh.			x		x
Carex elata All.	care ela	x	x	x	x
Carex hirta L.	care hir	x			x
Carex vesicaria L.	care ves	x	x		x
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Sch.				x	x
Eleocharis mamillata H. Lindberg	eleo mam	x	x		
Equisetum fluviatile L. em. Ehrh	equi flu	x	x		x
Iris pseudacorus L.	iris pse	x	x	x	x
Juncus sp.		x	x		x
Lycopus europeus L.	lyco eur	x	x		
Lysimachia vulgaris L.	lysi vul	x	x		
Lythrum salicaria L.		x	x		
Mentha aquatica L.	ment aqu	x	x		
Menyanthes trifoliata L.				x	
Phalaris arundinacea L.	phal aru	x	x	x	x
Phragmites australis (Cav.) Trin.	phra aus	x	x	x	x
Ranunculus flammula L.			x		x
Rorippa amphibia (L.) Besser	rori amp	x	x		
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla	scho lac	x	x	x	x
Scirpus sylvaticus L.		x	x		
Sparganium erectum L.				x	x
Typha latifolia L.		x	x	x	
Veronica beccabunga L.		x	x	x	x
Plantes à feuilles flottantes					
Nuphar luteum (L.) Sm.					x
Nymphaea alba L.	nymp alb	x	x	x	x
Polygonum amphibium L.	poly amp	x	x	x	x
Plantes submergées					
Chara vulgaris L.					x
Elodea canadensis Michx.			x		

	abbréviations	2007	1996	1980	1904
Elodea nuttallii (Planch.) H. St John	elod nut	x			
Myriophyllum spicatum L.	myri spi	x	x	x	x
Myriophyllum verticillatum L.					x
Potamogeton crispus L.	pota cri	x	x		x
Potamogeton lucens L.	pota luc	x	x	x	x
Potamogeton pectinatus L.	pota pec	x	x	x	x
Ranunculus trichophyllus Chaix	ranu tri	x	x	x	x
	Richesse spécifique	27	28	17	25

été observées en plongée hors de ces secteurs: *Anodonta cygnea* et A. *anatina* à 2-3 m de profondeur (densité estimée à plus de 300 individus par m^2) et *Cristatella mucedo* formant des colonies denses sous le ponton du milieu du lac (tableau 5).

Les principaux groupes faunistiques présents dans le lac sont les mollusques gastéropodes (5 espèces) et bivalves (3 espèces), les larves d'insectes éphéméroptères (5 espèces), d'odonates (7 genres) et de trichoptères (10 taxons). La présence de taxons caractéristiques d'eau courante (*Brachyptera*, *Capnioneura*, *Calopteryx*, *Limnius*, *Hydropsyche*, *Rhyacophila* et simuliidés) souligne l'influence de l'arrivée d'eau du Grenet dans la zone sud du lac ainsi que la proximité de petits ruisseaux comme celui de Pra Romont.

Si l'on consulte les données anciennes recueillies au CSCF (TURNER *et al.* 1998), il est possible de signaler la présence, au XXe siècle, de seize espèces supplémentaires de mollusques dont la moitié n'a plus été observée à partir des années 1990 (tableau 5). Parmi ces huit espèces, *Unio crassus* est en très forte régression au niveau suisse (en danger d'extinction sur la liste rouge), *Valvata cristata, Acroloxus lacustris, Planorbis carinatus* et *Bathyomphalus contortus* ont le statut de menacé. Les deux espèces d'*Anodonta* (*A. cygnea* et *A. anatina*) colonisent toujours en abondance la zone littorale avec une prédominance de *A. anatina* qui a le statut de menacé sur la liste rouge. Trois espèces non indigènes pour le lac sont relevées en 2007: *Physella acuta*, *Gyraulus parvus* et *Dreissena polymorpha*. Pour les insectes, quelques données anciennes existent pour les trichoptères. Sur cinq espèces recensées en 1944, deux hydroptilidés n'ont pas été retrouvés (*Orthotrichia costalis* et *Oxyethira flavicornis*) malgré la présence de végétation submergée, leur habitat préférentiel.

Les gastéropodes et les larves de libellules coenagrionidés colonisent en abondance les secteurs B et C riches en végétation à feuilles flottantes (*Polygonum amphibium*) et en roselières. La plus forte abondance des trichoptères limnephilidés et leptoceridés et des éphémères du genre *Caenis*

Tableau 4.–Liste des espèces et effectifs d'Odonates recensées par secteur, abondance relative (AR), fréquence des espèces (F), données anciennes (CSCF) et catégories de la liste rouge (LR). VU: vulnérable; NT: potentiellement en danger; LC: non menacé; NE: non évalué.

	Secteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	AR	F	Data CSCF	LR
Lestidae	*Lestes viridis* (Vander Linden)									5				2								7	1	10		LC
	Sympecma fusca (Vander Linden)										1	5										6	<1	10		LC
Platycnemididae	*Platycnemis pennipes* (Pallas)									15	25	10	10	2	9			20	10	15	5	121	10	50	2006	LC
Coenagrionidae	*Coenagrion puella* (L.)										5		5									10	1	10	2006	LC
	Enallagma cyathigerum (Charpentier)	35	15					6		22	10	35	20	20	20			2		7	25	217	17	60	1975	LC
	Erythromma lindenii (Sélys)							2														2	<1	5		NT
	Erythromma najas (Hansemann)	7							2					10	10						5	34	3	25	1976	LC
	Erythromma viridulum (Charpentier)	5					1		1					20	15						10	52	4	30		LC
	Ischnura elegans (Vander Linden)	15	15	2	7	5	8	13	7	70	70	30	60	50	70	3		15	7	20	30	497	40	95	1975	LC
	Pyrrhosoma nymphula (Sulzer)																								2006	LC
Aeshnidae	*Aeshna cyanea* (Müller)						1			1		2	2									6	<1	20	1938	LC
	Aeshna isoceles (Müller)									1	2		1	1								5	<1	20		LC
	Anax imperator Leach	2					1	2	1	1	4	5	5	1							1	23	2	50	2006	LC
	Anax parthenope Sélys	2	1																		2	5	<1	15		LC
Cordulidae	*Cordulia aenea* (L.)					1			1		1					1						4	<1	20		LC
Libellulidae	*Crocothemis erythraea* (Brullé)									2	5	11	2	10	2							32	3	30		LC
	Libellula quadrimaculata L.									2	5		2	10	2							21	2	25	2006	LC
	Orthetrum cancellatum (L.)	6	2	3	1	5	5	5	5	15	15	22	10	6	22						9	131	11	75	2006	LC
	Sympetrum danae (Sulzer)																								1938	NT
	Sympetrum depressiusculum (Selys)																								1938	VU
	Sympetrum fonscolombii (Sélys)									5	5		5									15	1	15	2006	NE
	Sympetrum meridionale (Sélys)											1		1								2	<1	10	1938	NE
	Sympetrum sanguineum (Müller)									1	2	5	5	15	10							38	3	30	1938	LC
	Sympetrum striolatum (Charpentier)																								1938	LC
	Sympetrum sp.										5		5	5								15	1	15		
	Sympatrum vulgatum (L.)												1									1	<1	5	1938	LC
	Richesse spécifique	7	4	2	2	3	5	5	6	12	14	10	14	14	9	2	0	3	2	3	8	22			17	

Tableau 5.–Invertébrés de la zone littorale du lac de Bret en avril 2007: composition et abondance dans les 4 secteurs (no total individus dans 10 échantillons).
CPOM: Matière Organique Particulaire Grossière; LR: Liste rouge suisse; Espèce en grisé: présence hors secteurs.
Mésohabitat dominant: I. enrochement + CPOM; II. Polygonum + CPOM; III. CPOM + roselière; IV. CPOM + gravier/sable

		2007				Données antérieures	LR
	Secteur	**A**	**B**	**C**	**D**		
	Mésohabitat dominant	**I**	**II**	**III**	**IV**		
Triclades	*Dugesia sp.*	2	83				
Oligochètes		62	102	105	29		
Achètes	*Piscicola geometra* (L.)		4	5	1		
Gastéropodes	*Bithynia entaculata* (L.)			1	3	1900	
	Valvata cristata Müller					1900	menacé
	Valvata piscinalis (Müller)					1900	
	Acroloxus lacustris (L.)					1900	menacé
	Galba truncatula (Müller)					2006	
	Stagnicola corvus (Gmelin)					1991	pot. menacé
	Radix balthica (L.)	3	4	4	2	?	
	Radix auricularia (L.)					1900	
	Lymnaea stagnalis (L.)					1991	
	Physella acuta (Drap.)	47	1	109	5		menacé
	Planorbis carinatus Müller					1900	menacé
	Anisus leucostoma (Millet)					1991	menacé
	Bathyomphalus contortus (L.)					1900	menacé
	Gyraulus albus (Müller)					1991	
	Gyraulus crista (L.)	1		1		1991	menacé
	Gyraulus laevis (Alder)					1991	danger extinction
	Gyraulus parvus (Say)	23		510			

	Gyraulus sp.	1	262		18		
	Segmentina nitida (Müller)					1991	très menacé
	Ancylus fluviatilis Müller					1849	
Bivalves	*Dreissena polymorpha* (Pallas)	3	4		1		
	Unio crassus Philipsson					1843	danger extinction
	Anodonta anatina (L.)					1890	menacé
	Anodonta cygnea (L.)					1893	
Crustacés	*Gammarus cf. fosssarum* Koch	1		3	2		
Hydracariens		6	22	69	7		
Insectes -	*Baetis rhodani* (Pictet)		1	6	6		
Ephéméroptères	*Cloeon dipterum* (L.)		1	1			
	Baetidae			16	2		
	Caenis horaria (L.)	24	20	1	15		
	Caenis luctuosa (Burmeister)	4	3		2		
	Caenis robusta Eaton		1				
	Caenis sp.	360	53		4		
Plécoptères	*Brachyptera sp.*			1			
	Capnioneura nemouroides Ris				1		
Odonates	*Calopteryx sp.*		1				
	Coenagrion sp.			1			
	Enallagma cyathigerum (Charp.)	1	6	13	1		
	Erythromma sp.			1			
	Ischnura sp.		2	1			
	Coenagrionidae		1	21	1		
	Orthetrum sp.	1					
	Platycnemis pennipes (Pallas)		2	1	2		
Hétéroptères	Corixidae	11	10	7	1		
Coléoptères	*Limnius volckmari* (Panzer)				1		

		2007				Données antérieures	LR
	Secteur	**A**	**B**	**C**	**D**		
	Mésohabitat dominant	**I**	**II**	**III**	**IV**		
	Laccophilus hyalinus (De Geer)		1				
Trichoptères	*Hydropsyche sp.*			1			
	Limnephilus lunatus Curtis	1					
	Limnephilini	52	19	37	9		
	Athripsodes cf. cinereus (Curtis)	1				1944	
	Mystacides azurea (L.)	4				1944	
	Mystacides longicornis/nigra (L.)	3					
	Leptoceridae	180	251		77		
	Cyrnus trimaculatus (Curtis)	1	5			1944	
	Orthotricha costalis (Curtis)					1944	
	Oxyethira flavicornis Pictet					1944	
	Psychomiidae juv.				1		
	Rhyacophila sp.			1			
Diptères	Chironomidae	1265	1618	1817	283		
	Ceratopoginidae		1	8	3		
	Simuliidae		1		1		
	Brachycères			3			
Bryozoaires	*Cristatella mucedo* Cuvier						
	Richesse taxonomique	**24**	**27**	**27**	**26**		

dans les deux secteurs ouest du lac (A et B) pourrait être liée au substrat à prédominance de débris végétaux (CPOM) ainsi qu'à une plus faible pente que dans le secteur D.

Les vers oligochètes et les larves de diptères chironomidés sont présents en abondance dans tous les échantillons. Trois espèces de sangsues *Helobdella stagnalis, Hemiclepsis marginata* et *Thermyzon tessulatum* ont été recensées en 1980 (Lang, données non publiées) mais pas observées en 2007.

Invertébrés benthiques profonds

Les sédiments meubles à 10 et 18 m de profondeur sont colonisés par des oligochètes tubificidés (3 espèces) et des naididés, des larves de diptères chironomidés (2 taxa) et chaoboridés (1 espèce). *Limnodrilus claparedeanus* et les naididés sont présents uniquement dans la zone des 10 m de profondeur. La fréquence des oligochètes *Limnodrilus hoffmeisteri* et *Tubifex tubifex* est faible (< 25%) aux deux profondeurs en 2003 et plus élevée (25 à 75%) en 1993-96-98. La densité moyenne des oligochètes à 18 m est également faible en 2003 (365 ind m^{-2}) comparée à celle des années précédentes où la densité moyenne atteignait 1146 ind m^{-2} (données 1996) (tableau 6). Cependant, les différences entre les années (1984 à 2003) ne sont pas significatives (Test de Kruskall-Wallis). La densité des chironomidés varie entre 0 et 2031 ind m^{-2} à 10 m de profondeur et est très faible à 18 m (0 - 156 ind m^{-2}). *Chironomus plumosus* est l'espèce dominante. Les larves transparentes des diptères *Chaoborus flavicans* vivent à proximité du fond et peuvent atteindre des abondances de plus de 4000 ind m^{-2} à 18 m en 2003 (tableau 6). Dans des relevés plus anciens, le ver oligochète *Potamothrix bedoti* a été observé (PIGUET & BRETSCHER 1913) en plus de *L. hoffmeisteri* et *T. tubifex*.

La diversité du zoobenthos profond est donc faible avec des taxons tolérant un enrichissement en matière organique et une réduction de l'oxygène dissous à l'interface eau-sédiment.

Qualité des eaux du Grenet en 2007

La qualité biologique des eaux du Grenet en amont de la prise d'eau pour l'alimentation du lac présente un indice RIVAUD de 12 et peut être qualifiée de bonne, avec la présence de 4 taxons sensibles (*Ecdyonurus, Leuctra, Nemoura, Protonemura*).

DISCUSSION

Le lac de Bret est un petit lac du Plateau suisse qui a été soumis à une eutrophisation précoce du fait de la nature des sols à prédominance argileuse imperméable et d'un bassin versant très agricole. ZUMSTEIN (1989) a montré que

les matières organiques naturelles, présentes dans les eaux du lac, provenaient du lessivage des sols lors des précipitations, du canal de dérivation le reliant au Grenet et des eaux de ruissellement. Il est aussi reconnu que, dans les petits lacs peu profonds, plus le rapport entre la taille du bassin versant et la surface du lac est grand, plus grandes sont les concentrations en nutriments et en sels dissous et plus faible est la transparence des eaux (CARDILLE *et al.* 2004). Dans le cas du lac de Bret, l'importance de la surface du bassin versant par rapport à la taille restreinte du lac a effectivement joué un rôle majeur dans la dégradation de la qualité de ses eaux. Ceci est encore plus marqué suite à sa liaison avec le bassin versant du Grenet. De surcroît, sa morphométrie fait que le volume d'eau superficielle à forte production primaire est très grand par rapport au volume global (de l'ordre de 85%) et que le réservoir d'oxygène dissous est très faible pendant la période de stratification. Sa capacité à minéraliser la matière organique en surcharge est donc extrêmement faible.

Les indicateurs trophiques comme le phosphore total, la transparence des eaux et la chlorophylle *a* le classent comme lac eutrophe, bien que les teneurs en phosphore de 2008 se rapprochent de celles d'un lac mésotrophe (VOLLENWEIDER & KEREKES 1982). En outre, l'algue phytoplanctonique *Asterionella formosa* atteint dans le lac de Bret une biomasse très élevée (7594 mg/m^3 à fin mars 2008) comparée aux valeurs maximales mesurées dans le Léman (2300 mg/m^3 en 1981). Cette espèce est très commune dans de nombreux lacs tempérés mésotrophes à eutrophes brassés (DRUART & RIMET 2008). La faune benthique des sédiments profonds est caractéristique d'un lac eutrophe, avec des peuplements peu diversifiés et la présence d'espèces tolérantes à l'eutrophisation. Les larves de *Chaoborus flavicans*, présentes en abondance dans la zone profonde du lac affectionnent, elles aussi, les eaux très pauvres en oxygène des lacs eutrophes (HONGVE 1975).

Comparée à d'autres lacs suisses, la végétation aquatique submergée est peu diversifiée (8 espèces) et la proportion d'hélophytes et d'espèces à feuilles flottantes est forte par rapport aux espèces submergées. Elle ressemble à celle du Burgäschisee (7 espèces submergées) étudiée par LACHAVANNE (1979). La disparition de *Nuphar luteum*, *Chara vulgaris* et *Myriophyllum verticillatum* et l'apparition de *Typha latifolia* renforce l'hypothèse d'une eutrophisation progressive du lac au cours du XXe siècle (BESSON & BURRI 1996). La faible profondeur de colonisation est certainement liée dans les deux cas à la faible transparence des eaux qui limiterait les processus photosynthétiques. Cependant, la transparence des eaux est probablement meilleure dans le secteur de la Tête du lac (secteur C) en raison de la présence de plantes jusqu'à 3 m de profondeur, qui favorisent la sédimentation des matières en suspension.

La plupart des invertébrés littoraux sont caractéristiques de la zone littorale de lacs à végétation émergente et submergée bien développée sur un fond à prédominance sablo-limoneux. Seuls, les mollusques *Gyraulus crista* et

Tableau 6.–Le zoobenthos profond du lac de Bret entre 1984 et 2003; composition, fréquence et abondance; classes de fréquence par profondeur (1. <25%; 2. 25-75 %;3 >75%) et densité totale (±ES); nd: non disponible.

		1984		**1993**		**1995**		**1996**		**1998**		**2003**	
	Profondeur (m)	10	18	10	18	10	18	10	18	10	18	10	18
	n	8	16	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12
Oligochaeta	*Limnodrilus claparedeanus* Ratzel	nd	nd	nd		nd	nd			2		1	
	Limnodrilus cf. *hoffmeisteri* Claparède	nd	nd	nd		nd	nd	2		2			1
	Tubifex tubifex (Müller)	nd	nd	nd	2	nd	nd	2	2		2		1
	Naididae	nd	nd	nd		nd	nd	2				1	
	Densité totale moyenne (no. m^{-2})	2500 (868)	859 (296)	312 (121)	521 (186)	3385 (707)	677 (162)	1458 (372)	1146 (398)	852 (340)	1136 (428)	156 (112)	365 (210)
Chironomidae	*Chironomus plumosus* L.	nd	nd	3	1		1	3		2		2	1
	Procladius (Holotanypus) sp.	nd	nd										1
	Densité totale moyenne (no. m^{-2})	547 (142)	156 (70)	1406 (205)	52 (52)	0	52 (52)	2031 (436)	0	227 (95)	0	677 (195)	104 (70)
Chaoboridae	*Chaoborus flavicans* (Meigen)	2	2	2	3	0	3	0	3	2	3	1	2
	Densité totale moyenne (no. m^{-2})	0.4 (0.2)	0.8 (0.3)	729 (265)	6406 (730)	0	1406 (393)	0	1562 (180)	170 (88)	6022 (592)	104 (8)	1094 (362)

Anodonta anatina ont le statut de «menacé» sur la liste rouge suisse (TURNER *et al.* 1998). La libellule *Erythromma lindenii* est très peu fréquente dans le canton de Vaud. Elle est mentionnée comme «potentiellement menacée» au niveau suisse. Les habitats préférentiels de l'adulte de cette dernière espèce sont les inflorescences émergentes des myriophylles ou les feuilles flottantes de plantes aquatiques qui sont très répandues sur ce lac (WILDERMUTH *et al.* 2005). L'observation de quatre espèces de libellules du genre *Sympetrum* en 2007, uniquement dans la partie nord du lac où les trois ceintures successives de végétation sont présentes, est sans nul doute à associer avec leur préférence pour les eaux stagnantes à ceinture d'hélophytes développée. L'absence de *S. danae* depuis 1938 pourrait être liée à sa très grande sensibilité à l'eutrophisation et à la disparition de milieux connexes comme des prairies marécageuses et étangs. Pour *S. depressiusculum*, l'envahissement progressif des prairies marécageuses par les roseaux, suite au rehaussement du niveau d'eau de 1918 ainsi que l'eutrophisation des eaux jouent certainement un rôle dans l'absence de cette espèce de nos jours (WILDERMUTH *et al.* 2005).

Il faut également souligner que le recensement de 2007 n'a pas été exhaustif car il a été réalisé depuis la berge et jusqu'à une profondeur d'eau ne dépassant pas 1 m de profondeur pour les invertébrés aquatiques et sur moins de 30% de la longueur totale des rives. Par exemple, le fait que seulement cinq espèces de gastéropodes soient retrouvées en 2007 ne veut pas dire que les huit espèces présentes en 1991 et 2006, aient disparu de ce lac, car la plupart de leurs habitats (zone riveraine riche en végétation aquatique) sont toujours présents aujourd'hui.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le bilan du phosphore dans le lac est réjouissant puisque sa concentration a diminué de 37 % en vingt ans pour atteindre 32.1 µg/L. Les teneurs en phosphore restent cependant trop élevées pour limiter la production primaire et améliorer les conditions de vie dans les couches profondes. L'objectif pour ces prochaines années serait d'atteindre des valeurs seuil < 20 µg/L, pour pouvoir limiter durablement la croissance des algues dans la couche superficielle. Pour accéder à cet objectif, des actions doivent être poursuivies dans l'amélioration de l'assainissement, comme la mise en séparatif des réseaux d'égouts et une meilleure gestion des déversements en entrée de station d'épuration par les déversoirs d'orage (STEP). Il doit en être de même dans le domaine agricole avec une diminution de la fertilisation phosphatée. Dans ce but, le Service des eaux de la Ville de Lausanne, propriétaire du lac et de ses abords, travaille avec des agriculteurs de la région nord du lac à la création de bandes enherbées, comme zones tampons entre la roselière et les champs cultivés et à la suppression de la fertilisation de parcelles proches du lac (H. Burnier, comm.

pers.). Les mesures prises pour diminuer l'eutrophisation auront par ailleurs des répercussions positives sur les communautés biologiques du lac.

Pour conserver les roselières et les groupements végétaux associés, il est impératif d'améliorer la gestion de la petite batellerie (110 concessions). Ces places sont en effet disséminées sur 500 m de rives riches en végétation aquatique. Il serait donc opportun à l'avenir de ne pas renouveler certaines concessions pour diminuer leur impact sur le milieu naturel. La réapparition d'espèces végétales (Characées) serait un signe évident de restauration de la qualité des eaux, comme cela a été le cas pour le retour des characées dans le Léman au début des années 1990.

Les conditions de retour de libellules comme les deux espèces de *Sympetrum* pourraient être améliorées par le creusement d'autres milieux annexes comme celui déjà entrepris par le Service des eaux de la Ville de Lausanne en collaboration avec Pro Natura, ainsi que par l'arrêt du réempoissonement (WILDERMUTH *et al.* 2005). Le lac abrite également des espèces animales classées sur la liste rouge suisse qu'il y a lieu de conserver en améliorant la qualité des eaux.

Il ne faut pas non plus oublier que la vocation première de ce lac d'accumulation est la production d'eau potable pour les communes environnantes (Savigny, Forel) et certains quartiers de Lausanne. La lutte contre les différentes sources de pollution dans le bassin versant, telle que décrites notamment dans le rapport GED (1991) doit être une des tâches prioritaires des communes du bassin versant. La qualité de l'eau du lac serait ainsi améliorée et permettrait de produire à moindre coût de l'eau de boisson.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Hélène Major-Siméant et Dominique Auderset Joye pour leur aide précieuse sur le terrain lors du recensement de la végétation aquatique, Jean-Michel Troillet, garde-pêche, pour des informations relative au lac, Gilles Carron et Verena Lubini pour la détermination spécifique des coléoptères et trichoptères. Nous tenons également à remercier le Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF) pour la mise à disposition des données sur les mollusques, éphéméroptères, plécoptères, odonates et trichoptères ainsi que le Service des eaux de la Ville de Lausanne pour des informations sur le lac et la transmission des données sur la nouvelle bathymétrie du lac. Les remarques et suggestions constructives de Pascale Derleth Sartori et Philippe Vioget ont permis d'améliorer ce manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

BESSON A. & BURRI A., 1996. La végétation du lac de Bret. Travail de certificat. Institut de Botanique systématique et de géobotanique, Université de Lausanne, 47 p.

CARDILLE J., COE M.T. & VANO J.A., 2004. Impacts of climate variation and catchment area on water balance and lake hydrologictype in groundwater-dominated systems: a generic lake model. *Earth Interactions* 8:1-24.

COSANDEY F., 1948. Contribution à l'étude du lac de Bret. *ulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 64: 133-147.

DRUART J.C. & RIMET F., 2008. Dynamique du peuplement des diatomées pélagiques du Léman de 1974 à 2007. *Archives des Sciences* 61: 17-32.

DUPERTUIS V., MIRABEL L. & NEYROUD O., 1980. Contribution à l'étude de l'eutrophisation du lac de Bret. Travail de certificat, Institut du génie de l'environnment, EPFL, Lausanne, 174 p.

GED, 1991. Etude de l'assainissement du bassin versant du Grenet. Rapport du Bureau GED (Gestion des eaux et déchets SA, Service des eaux et de la protection de l'environnement, 109 p.

GONSETH Y. & MONNERAT C., 2002. Liste rouge des Libellules menacées de Suisse. Ed. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne et Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Neuchâtel. Série OFEFP, L'environnement pratique, 46 p.

HONGVE D., 1975. On the ecology and distribution of Chaoborus (Chaoboridae, Diptera) from the upper Romerike District, south-east Norway. *Norwegain Journal of Entomology* 22: 49-57.

LACHAVANNE J.B., 1979. La végétation macrophytique du Burgäschisee. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 89: 92-104.

LANG C., 1980. Degré d'eutrophisation du lac de Bret, du lac des Chavonnes, du lac lioson et du lac de l'Hongrin en 1978 et 1979 évalué à partir de la faune des sédiments. Rapport du Laboratoire d'hydrobiologie, Conservation de la faune, Lausanne, 11 p.

LANG C. & Reymond O., 1995. An improved index of environmental quality for Swiss rivers based on benthic invertebrates. *Aquatic Sciences* 57: 172-180.

LIECHTI P., 1994. L'état des lacs en Suisse. Rapport OFEFP, Cahiers de l'Environnement n°237, 159 pp.

MERCIER P., 1962. L'aération du lac de Bret. Association Suisse des Professionnels de l'Epuration des Eaux, Rapport 77/2, 11 p.

MERCIER P. & GAY S., 1954. Effets de l'aération artificielle sous-lacustre au lac de Bret. Etude comparée avant et après aération. *Revue suisse d'Hydrologie* 16 : 248-308.

MEYER E., 1904. Lac de Bret: Beiträge zur Biologie des Lac de Bret mit spezieller Berücksichtigung des Phytoplanktons. Thèse, Université de Lausanne, 209 p.

OERTLI B., AUDERSET JOYE D., CASTELLA E., JUGE R., CAMBIN D. & LACHAVANNE J.B., 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59-70.

OERTLI B., AUDERSET JOYE D., CASTELLA E., JUGE R., LEHMANN A. & LACHAVANNE J.B., 2005. PLOCH: a standardized method for sampling and assessing the biodiversity in ponds. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 15: 665-679.

PIGUET E. & BRETSCHER K., 1913. Oligochètes. Catalogue des invertébrés de la Suisse, Genève. Fascicule 7, 214 p.

REYMOND O., 1994. Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes: une méthode simple. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 83: 1-3.

RIMET F. & DRUART J.C., 2009. Phytoplancton du Léman. Campagne 2008. Rapport de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman 2009, 91-102.

SEVL (Service des Eaux de la Ville de Lausanne), 1987. Station de Bret. Direction des services industriels, Ville de Lausanne. 22 p.

SCHRÖDER R., 1969. Ein summierender Wassershöpfer. *Arch. Hydrobiol.* 66: 241-243.

STRICKLAND J.D.H. & PARSONS T.R., 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, 167, 311 p.

TURNER H., KUIPER J.G.J., THEW N., BERNASCONI R., RÜETSCHI J., WÜTHRICH M. & GOSTELI M., 1998. Mollusca – Atlas. Fauna Helvetica 2, CSCF/SES, Neuchâtel, 527 p.

UTERMÖHL H., 1958. Zur Vervollkommung des quantativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-38.

VOLLENWEIDER R.A. & KEREKES J., 1982. Eutrophication of Waters. Monitoring Assessment and Control. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris, 156 p.

WILDERMUTH H., GONSETH Y. & MAIBACH A. (Eds)., 2005. Odonata – Les libellules en Suisse. Fauna Helvetica 11, CSCF/SES, Neuchâtel, 398 p.

ZUMSTEIN J., 1989. Circulation des matières organiques pédogènes et aquogènes dans un lac eutrophe. Thèse n°2401, Université de Genève, 209 p.

Manuscrit reçu le 14 septembre 2009

ANNEXE

Les annexes 1 et 2 sont disponibles sur le site internet: http://www.unil.ch/svsn/