

Suivi écologique du Lac Lioson

Campagne 2012



Brigitte Lods-Crozet, Pierre-Alain Chevalley et Andrés Strawczynski
Département du territoire et de l'environnement
Direction générale de l'environnement
Division Protection des eaux
Chemin des Boveresses 155 – CH 1066 EPALINGES
Tél. +41 (21) 316 71 81 – Fax +41 (21) 316 71 82 - www.vd.ch/eau

Septembre 2014

1. Introduction

Petit lac des Préalpes vaudoises, le lac Lioson est suivi depuis la fin des années 1970 sur les paramètres physico-chimiques et zoobenthiques tous les deux ans (Lang 1986, Lang & Reymond 1996, Lods-Crozet et al. 2008). En 2012, une évaluation de la végétation aquatique et des macroinvertébrés littoraux est intégrée au programme de surveillance de routine effectué tous les deux ans.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites de suivi

Le lac Lioson est un des rares lacs profonds de la zone sub-alpine du canton de Vaud. Il se situe sur le versant Nord des Préalpes vaudoises. De petite taille, de forme arrondie et de profondeur maximale importante par rapport à sa taille (Figure 1 ; Tableau 1), ce lac d'origine glaciaire est localisé dans un bassin versant à prédominance carbonatée. Orienté au nord et alimenté uniquement par des apports d'eau de ruissellement, son exutoire constitue la source de la rivière l'Hongrin, affluent de la Sarine.

Sur la base de ses données géomorphologiques, il peut être classé avec la typologie : lac de haute montagne, profond, avec zone littorale, calcaire, avec un marnage faible (± 1 m).

La végétation terrestre environnante est constituée principalement par de l'épicéa (*Pinus abies*) et par de l'aulne vert (*Alnus viridis*) sur les pentes raides.

La topographie des fonds se caractérise par un éboulis lâche qui s'étend entre 0 et 8 m de profondeur, entrecoupé de sédiments fins. Les sédiments meubles ne deviennent prépondérants qu'à partir de 10 m. Le lac est recouvert de glace et de neige pendant plus de six mois. Les principales caractéristiques limnologiques sont données dans le Tableau 1. A l'origine, le lac n'abritait pas de poissons et les premiers empoissonnements datent de la fin du XIXe siècle (Rubin, 1991). Six espèces sont présentes dans le lac (truites Arc-en-ciel et de rivière, omble chevalier, saumon de fontaine, vairon, loche franche), mais seuls des ré-empoissonnements réguliers de truites Arc-en-ciel et de rivière sont effectués depuis les années septante.

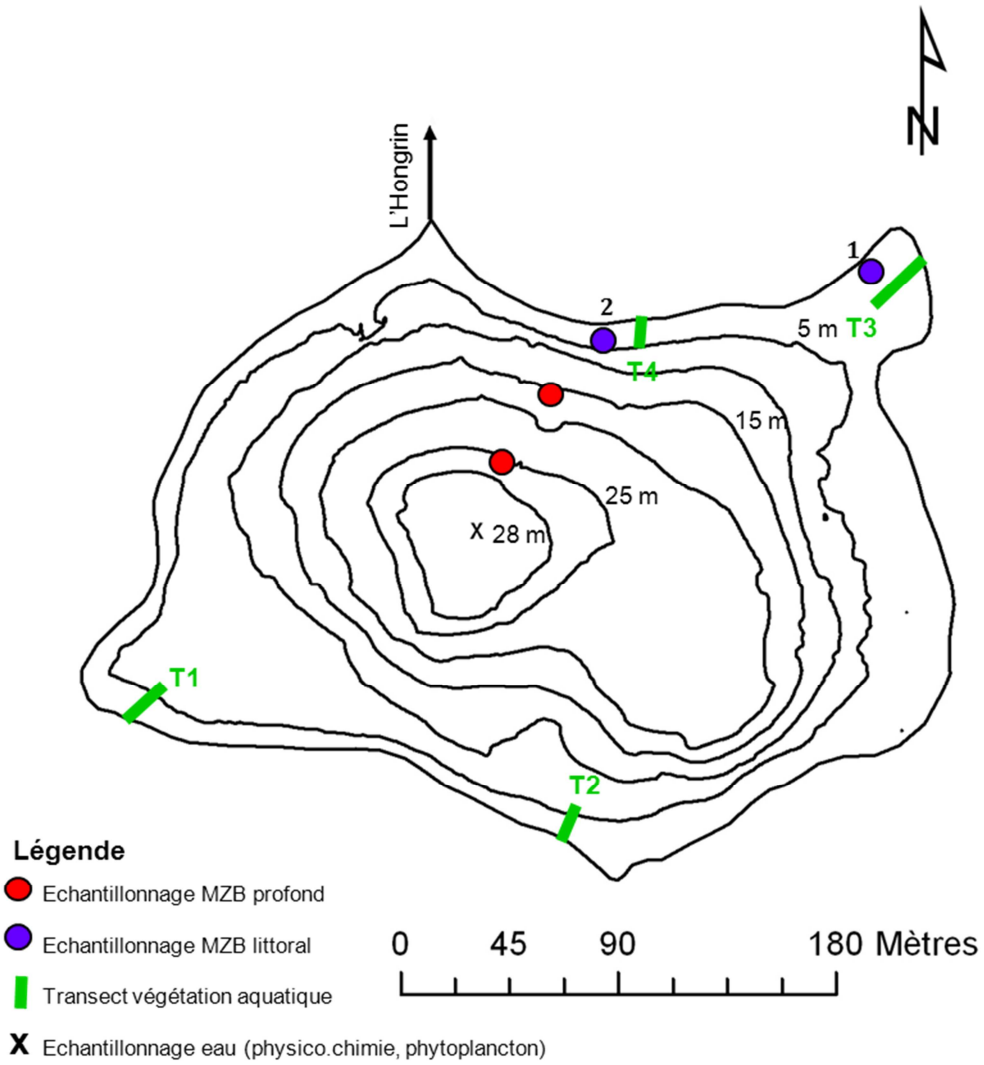


Figure 1. Localisation et profondeur d'échantillonnage du macrozoobenthos (MZB) profond et littoral et de la végétation aquatique.

Tableau 1 : Principales caractéristiques géographiques, morphométriques, hydrologiques du lac Lioson.

Altitude du plan d'eau	1848 m
Latitude	46°23'14'' Nord
Longitude	7°07'46' Est'
Profondeur maximum / moyenne	28 / 13.6 m
Surface du lac	6.62 ha
Volume du lac (10.09.2007)	0.846 10 ⁶ m ³
Surface du bassin versant	1.41 km ²
Précipitations	1777 mm/an
Temps moyen de renouvellement des eaux	0.93 an
Nombre mois de gel	6-7
Occupation du sol dans le bassin versant	
sols nus	28%
agriculture	30%
urbanisé	1%
forêts	14%
prairies	27%

2.2. Protocoles d'échantillonnage

En 2012, deux campagnes de prélèvements ont eu lieu, une à la fin de période de gel (28 juin) et l'autre avant le regel (11 octobre).

2.2.1. Physico-chimie et phytoplancton

Les échantillons d'eau pour les analyses physico-chimiques et de la chlorophylle *a* sont récoltés depuis la surface, à la verticale du point le plus profond sur 8 niveaux dans la colonne d'eau (0, 2.5, 5, 10, 15, 20, 25 puis à 1 m au-dessus du fond) (Fig. 1).

L'eau est prélevée avec une bouteille échantillonneuse d'eau (marque AFA) et le phytoplancton à l'aide d'une bouteille intégratrice d'une colonne d'eau 0 – 10 m (IWS Hydrobios). Les prélèvements ont été effectués en période de circulation printanière et automnale.

La température de l'eau et l'oxygène dissous sont mesurés in situ à l'aide d'un oxymètre (YSI-ProOdo). La transparence de l'eau est évaluée par la profondeur de disparition d'un disque blanc de 30 cm de diamètre (disque de Secchi).

Un suivi de la température à 3 mètres de profondeur en continu est initié en 2012 (datalogger Hobo). Les premiers résultats seront analysés dès 2016.

La teneur en matière organique et le phosphore total des cinq premiers centimètres de sédiments profonds (25 m) sont estimés par perte au feu et exprimée en pourcent du poids

sec après combustion à 550 °C pendant 4 h et par la méthode de dosage des formes du phosphore particulaire dérivée des méthodes de Williams et al. (1971).

La concentration en chlorophylle *a* du phytoplancton est mesurée selon la méthode décrite par Strickland et Parsons (1968).

2.2.2. Macroinvertébrés

Les prélèvements profonds sont effectués en plongée à 9/10 de la profondeur maximum (Z_{max} : 25 m) et à profondeur moyenne (Z_{moy} : 15 m) à l'aide de tubes carottiers (surface : 16 cm²) en période de circulation printanière et automnale (Fig. 1). Six réplicats sont effectués à chaque profondeur et période.

Le sédiment est ensuite tamisé (vide de maille 0.2 mm) et le refus du tamis est conservé au formol 5%. La macrofaune récoltée en profondeur est constituée principalement de vers oligochètes (lumbriculidés et tubificidés) et de larves et pupes d'insectes chironomidés. Après coloration au Rose Bengal, les organismes sont triés et comptés sous une loupe binoculaire à faible grossissement (6x). Les oligochètes et chironomidés sont ensuite pesés après passage sur du papier absorbant (biomasse, poids frais), montés entre lame et lamelle (Reymond, 1994) puis identifiés à l'espèce ou au groupe d'espèces.

Les prélèvements en zone littorale sont effectués en juin à l'aide d'un filet emmanché kicknet (substrat et faune benthique soulevé avec le pied) pour les profondeurs ≤ 1 m et d'un filet de type Surber (substrat et faune benthique soulevé avec la main), en plongée pour les profondeurs > 1 m (Fig. 1). Huit prélèvements sont effectués dans les substrats les plus représentés et le fond est remué pendant au maximum 30 secondes. Les deux types de filets ont un cadre de 25 x 25 cm et un vide de maille de 0.5 mm. La détermination des taxons est réalisée jusqu'à l'espèce, voir le genre ou famille, excepté pour les hydracariens.

2.2.3. Macrophytes

Le nombre des sites ou transects de prélèvements et le protocole d'échantillonnage sont définis selon la méthode d'évaluation des lacs basée sur les macrophytes DCE compatible de Schaumburg et al. (2011). Quatre transects ont ainsi été choisis (Fig. 1) et la prospection a eu lieu le 14 août 2012.

2.3. Méthodes d'évaluation écologique

2.3.1. Indicateurs physico-chimiques

Trois indicateurs physico-chimiques (transparence de l'eau, phosphore total et oxygène dissous) et l'estimation de la biomasse du phytoplancton (concentration en chlorophylle *a*) se

basent sur les évaluations fournies par l'OCDE (Vollenweider & Kerekes 1980) et la DCE (2010) (Annexe 1) de ces différents paramètres.

Deux indicateurs du sédiment sont calculés à partir des données de perte au feu du sédiment (en % de matière organique) et du phosphore total (Barbe et al. 2003).

2.3.2. Indicateurs macroinvertébrés

Plusieurs indicateurs de qualité se basent sur les communautés d'invertébrés benthiques :

- L'Indice Oligochètes de Bioindication Lacustre (IOBL)

L'IOBL, indice normé (AFNOR 2005), est basé sur les communautés de vers oligochètes des sédiments profonds (Annexe 2) et permet d'évaluer les potentialités des sédiments fins lacustres à assimiler et à recycler les substances minérales et organiques ; il s'interprète comme le « potentiel métabolique du milieu ». Il prend en compte la richesse taxinomique, les densités d'individus et le pourcentage d'espèces sensibles aux pollutions toxiques ou organiques. Le diagnostic complet se calcule en deux temps. Tout d'abord l'indice IOBL qui donne le potentiel métabolique du milieu et le pourcentage d'espèces sensibles qui définit un sous-type et permet de décrire l'effet de rejets polluants toxiques ou organiques, ou l'indication d'une impasse trophique naturelle (tourbe, accumulation de végétaux mal décomposés = dystrophie) (Annexe 2).

- L'indice de Qualité Benthique Lacustre (IQBL)

Cet indice est basé sur les oligochètes et les insectes chironomidés selon Saether (1979) et Wiederholm (1980), adapté au zoobenthos de lacs européens des écorégions alpines. La valeur de sensibilité de chaque espèce est basée sur un jugement d'experts (données historiques, données paléolimnologiques, indices saprobies (Lang 1990, Lotter et al. 1997; Moog 2002; Millet et al. 2010 ; Rossaro et al. 2011) (Annexe 3).

L'utilisation de ces deux descripteurs benthiques est pertinent car les vers oligochètes reflètent les conditions prévalant à l'intérieur du sédiment et sont des indicateurs à long terme de la métabolisation de la matière organique tandis que les insectes chironomidés sont des indicateurs à plus court terme de la situation à l'interface eau-sédiment.

- L'indice mollusques (IMOL)

L'IMOL est une méthode rapide d'évaluation de l'état biologique d'un lac basée sur l'écologie des mollusques (Mouthon 1993). Il repose sur la sensibilité des mollusques au déficit en oxygène des couches d'eau de la zone profonde et aux teneurs en matières organique du sédiment. L'indice varie de 1 à 8, avec les plus fortes valeurs d'indice pour les lacs ne présentant pas de déficit chronique en oxygène de leur hypolimnion. Il permet

d'estimer la capacité des mollusques à coloniser le système lacustre. Il est calculé sur les données d'une seule campagne estivale (Annexe 4).

2.3.3. Indicateur macrophytes

Un indice de qualité des eaux basé sur la végétation aquatique et palustre (macrophytes) est calculé selon la typologie du lac et en tenant compte de l'abondance relative d'espèces indicatrices colonisant les fonds entre la surface et cinq niveaux de profondeur (Schaumburg et al. 2011). Les espèces sont groupées selon leur abondance dans les milieux de référence ou pas : groupe A = espèces abondantes dans les conditions de référence ; groupe C = espèces rares dans les conditions de référence ; groupe B = espèces sans préférence dans les conditions de référence ou pas. (Annexe 5).

3. Résultats

3.1. Physico-chimie et biomasse chlorophyllienne

C'est un lac dimictique froid dont les eaux se mélangent au dégel (généralement en juin) puis en novembre avant le regel. La période de gel hivernal peut être de 7 mois. Les eaux se sont oxygénées jusqu'au fond en juin 2012 (5.8 mg O₂/L) mais la valeur mesurée en octobre (2.2 mg O₂/L) reste au-dessous de la limite de qualité fixée par l'OEaux à 4mg O₂/L (Fig. 2). Pendant les longs mois d'hiver et de printemps sous la glace, la consommation d'oxygène au niveau des sédiments accentue encore la désoxygénation du fond.

La transparence de l'eau en 2012 donne une valeur moyenne égale à 7.5 m. Les teneurs en nutriments azotés (ammonium, nitrite, nitrate) et en phosphore total sont faibles (P_{tot} : 13 mg/m³ en moyenne, pondérée par le volume du lac) (Fig. 2).

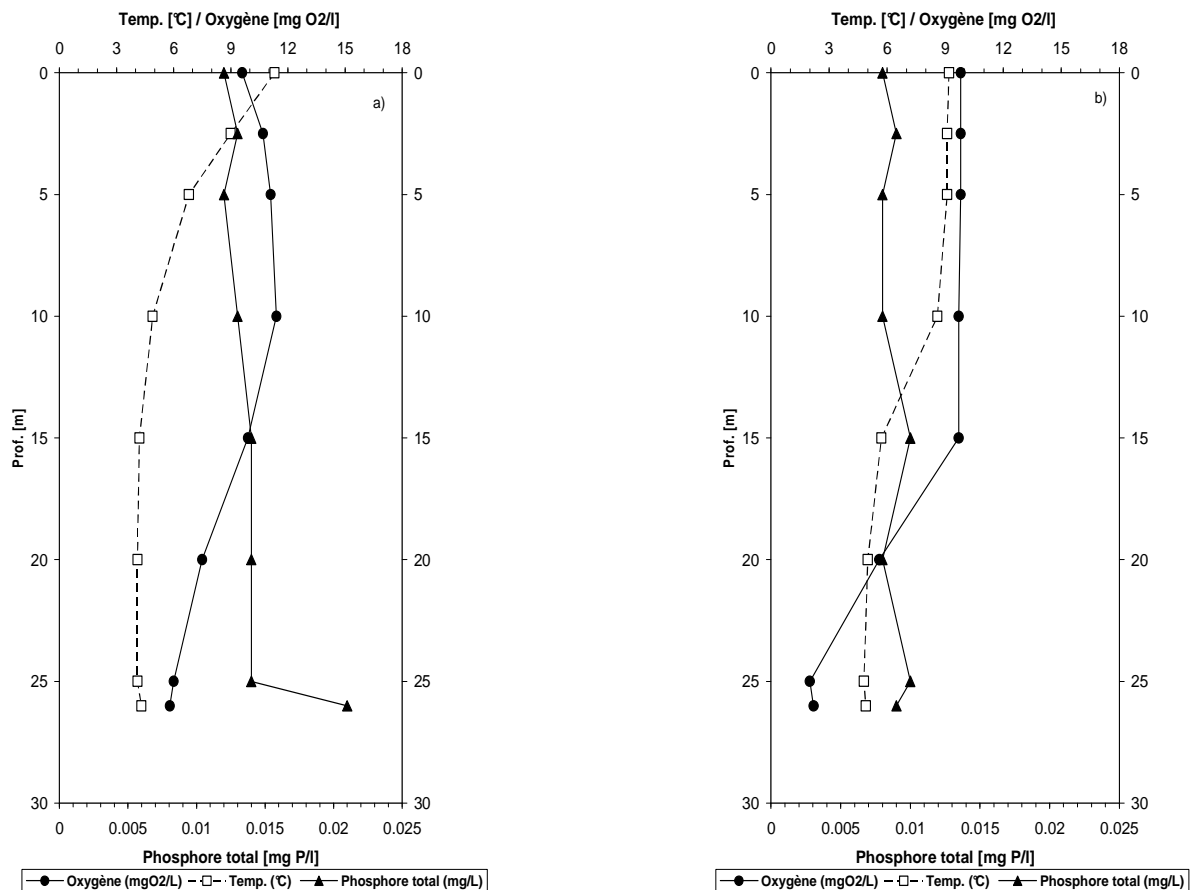


Figure 2. Profils de température, de l'oxygène dissous et du phosphore total dans le lac Lioson ; a) le 28.06.2012 et b) le 11.10.2012.

Les teneurs en matière organique des sédiments à 25 m de profondeur sont de l'ordre de 19 % et le phosphore total du sédiment s'élève à 1189 mgP/kg de matière sèche en fin de période de production biologique (octobre). L'indice de stockage de la matière organique élevé ($I_{PF} = 67.8$) indique une forte charge en matière organique du sédiment.

La biomasse phytoplanctonique, exprimée par la teneur en chlorophylle est faible (max. 2.3 mg/m³ le 28 juin).

3.2. Macroinvertébrés des zones profonde et littorale

La macrofaune profonde à 15 et 25 m est constituée uniquement de vers oligochètes (5 taxons) et de larves d'insectes diptères chironomidés (14 taxons). La richesse taxonomique moyenne annuelle ($n = 12$) est cinq fois supérieure à Z_{moy} par rapport à Z_{max} : 5 ± 1.9 taxons à 15 m et 0.8 ± 0.6 taxons à 25 m (Tableau 2).

L'abondance moyenne annuelle ($n = 12$) est quant à elle dix fois supérieure à Z_{moy} par rapport à Z_{max} : $10'833 \pm 6982$ ind. m⁻² à 15 m et $1'146 \pm 1273$ ind. m⁻² à 25 m (Tableau 2).

Les résultats de l'**Indice Oligochètes de Bioindication lacustre (IOBL)** sont de 9.9 à Zmoy et 7.1 à Zmax en juin. Seule la zone de Zmoy a une abondance de 74 % d'espèces sensibles (*Stylodrilus heringianus* et *Spirosperma ferox*). En octobre, les valeurs de l'IOBL sont légèrement plus basses à Zmoy (8.8) mais similaire à Zmax (7.1). Ces indices traduisent un lac à potentiel métabolique moyen avec une dystrophie (impasse trophique dû à un taux élevé d'acides humiques allochtones) surtout au niveau du fond. La présence de vers Tubificidés *Tubifex tubifex*, espèce se retrouvant couramment dans les lacs d'altitude, traduit cette dystrophie (Bourgeot et al. 2008).

L'indice de Qualité Benthique Lacustre (IQBL) basé sur les communautés d'oligochètes et de chironomidés reflète également ces différences entre les profondeurs (3.1 à Zmoy et 0.9 à Zmax en juin) et une détérioration en automne (Tableau 3).

Tableau 2. Composition, abondance (nb. ind.m ⁻²) des macroinvertébrés de la zone profonde du lac Lioson en 2012; ES : espèces sensibles, Si : valeurs de sensibilité par espèce.																														
		Station.n°prélèvement	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6				
		Mois	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	juin	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct	oct				
		Profondeur (m)	15	15	15	15	15	15	25	25	25	25	25	25	15	15	15	15	15	15	25	25	25	25	25	25				
Groupe	genre	espèce	ES	Si																										
ANNELIDA	Oligochaeta	<i>Stylogdrilus heringianus</i>	*	3	625	1875	0	0	3125	2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	625	625	0	0	0	0	0	0			
		<i>Spirosperma ferox</i>	*	4	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<i>Limnodrilus</i> sp.		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Tubifex tubifex</i>		1	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tubificidae + soies capillaires + soies pectinées		1	625	625	625	625	0	0	4375	0	0	0	1250	625	625	0	2500	0	0	0	2500	625	625	1875	0	625		
DIPTERA	Chironomidae	<i>Ablabesmyia longistyla</i>			0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<i>Procladius (H.)</i> sp.		1	0	625	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0	2500	1250	625	0	0	0	0	625	0	0	0	0	
		<i>Prodiamesa olivacea</i>	*	4	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Corynoneura</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Heterotrissociadius marcidus</i>	*	4	1250	1250	3125	0	625	1875	0	0	0	0	0	0	2500	625	0	0	625	1250	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Paracladius alpicola</i>	*	4	2500	6875	0	0	625	1875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Chironomus</i> cf. <i>anthracinus</i>		2	0	1875	625	1250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Chironomus</i> sp.		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250	0	1250	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Dicrotendipes</i> sp.		1	1250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Einfeldia</i> <i>dissipens</i> complexe		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Microtendipes chloris</i>		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Paracladopelma camptolabis</i> complexe	*	4	625	1875	1250	0	0	3125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Micropsectra contracta</i>		3	6875	8750	4375	7500	625	11875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micropsectra</i> sp.		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5625	5000	5000	0	1250	3750	0	0	0	0	0	0	0	0		
Abondance totale				14375	24375	10000	10000	5000	23125	4375	625	0	0	1250	625	8750	9375	12500	2500	3125	6875	2500	625	1250	1875	0	625			
Richesse				8	9	5	4	4	7	1	1	0	0	1	1	3	4	4	3	4	5	1	1	2	1	0	1			

Dans la zone littorale entre 1 et 2 m de profondeur, la macrofaune benthique est plus riche en taxons (23). En plus des oligochètes et chironomidés, la faune est composée principalement de mollusques, hydracariens, gammares, larves d'insectes coléoptères, mégaloptères et trichoptères (Tableau 3).

L'indice mollusques (IMOL) calculé à partir des données faunistiques de l'ensemble du lac (zones littorale et profonde) est de 1, ce qui traduit une désoxygénation chronique de l'hypolimnion avec une absence de mollusques en zone profonde (15 et 25 m). Seuls des *Pisidium* sont présents en zone littorale. Sur la base de cet indice, le potentiel écologique du lac est médiocre (Tableaux 2 et 3).

Tableau 3. Composition et abondance des macroinvertébrés de la zone littorale du lac Lioson le 28 juin 2012																			
			Station	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
			substrat	gravier	limon/gravier	galets	limon/galets	dalles/blocs	dalles/gravier	gravier	galets	gravier	gravier	charas	galets/gravier	galets	charas	gravier	charas
			prof. (m)	0.80	0.90	1.10	1.10	1.00	9.00	0.80	0.80	1.20	1.50	2.00	1.8	1.20	2.50	1.20	2.20
			dist. Rive (m)	2	2	6	3	2	2.5	2	1	1	1.2	1.5	1.2	1	1.5	1	1.8
			surface (m ²)	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625
Groupe	Fam.	genre	espèce																
MOLLUSCA	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	sp.				2					2		5			3		
	Oligochètes	<i>Stylodrilus</i>	<i>heringianus</i>	5				7	10	3		70	20		10	10	1	15	10
		<i>Spirosperma</i>	<i>ferox</i>					7		14	1	10	24		10	10	8	15	10
		Tubificidae		4															
		Autres		41	13	15	5	18	15	9	21	52	22	1	51	42	1	128	51
HYDRACARINA	Hydracarina			5	9			23	5	9	15	21	17	24	8	1	1	7	44
CRUSTACEA		<i>Gammarus</i>	<i>lacustris</i>									1	1	1	11	2		1	
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	<i>alpinus</i>							1									
PLECOPTERA	Perlodidae	<i>Isoperla</i>	sp.														1		
COLEOPTERA	Halplidae	<i>Halplius</i>	sp.		1					1				2			1	1	1
MEGALOPTERA	Sialidae	<i>Sialis</i>	<i>lutaria</i>					1									9	2	
TRICHOPTERA	Limnephilidae	<i>Melampophylax</i>	<i>mucoreus</i>	7	3	1		5	4	2	3				7	4	2	4	1
	Leptoceridae	<i>Mystacides</i>	<i>azurea</i>												1				
DIPTERA	Chironomidae	<i>Procladius</i> (H.)	sp.	2						2		2	3	6	3	1	10	2	25
		<i>Zavrelimyia</i>	cf. <i>melanura</i>	8	6	7		27	16	7	29	21	34	8	19	10	11	13	25
		<i>Corynoneura</i>	sp.	1	1	1		2	1	1	2		1				1		
		<i>Paracladius</i>	<i>alpicola</i>	6	1	2	2		19	29	8	3	17	2	5	3		40	5
		Orthoclaadiinae	juvéniles					1					5	4			45		40
		<i>Chironomus</i>	cf. <i>anthracinus</i>			4	9		1								2		4
		<i>Dicrotendipes</i>	sp.	40	52	29	9	22	15	8	28	36	85	180	55	36	160	40	100
		<i>Paracladopelma</i>	gr. <i>camptolabis</i>						1	2	3	1	1	3	1				
		<i>Paratanytarsus</i>	<i>austriacus</i>	3	2	2	2	2		1		1	4	15	2	3	10	1	5
		<i>Tanytarsus</i>	<i>lugens/gregarius</i> gr.														31		30
			Abondance totale	122	88	61	29	115	87	89	110	221	234	251	183	122	297	269	351
			Richesse	11	9	8	6	11	10	14	9	13	13	12	13	11	17	13	14

3.3. Macrophytes

Le recensement des plantes aquatiques sur les 4 transects révèle la présence de 5 espèces aquatiques et 5 caractéristiques du bord des eaux (palustres). Quatre d'entre elles font partie de la liste rouge suisse (Tableau 4). La colonisation s'étend en profondeur jusqu'à 5-6 m. Les espèces les plus abondantes sont les Characées (*Chara contraria* et *C. vulgaris*).

Pour le calcul de l'indice de référence, le lac Lioson est classé selon la typologie : lac des Alpes et Préalpes, eaux carbonatées, lac stratifié (type AKs). Six espèces recensées sont classées comme indicatrices. Les résultats montrent que les transects T1 et T3 révèlent une meilleure classification que les deux autres. L'abondance et la profondeur colonisée des espèces des groupes indicateurs A et B (*Chara contraria* et *C. vulgaris*, *Potamogeton alpinus*) sont deux facteurs qui permettent de donner une bonne appréciation de l'état écologique sur 2 transects. Sur l'ensemble des 4 transects, l'évaluation écologique basée sur les macrophytes reflète un état moyen (Annexe 6). La pente forte des rives du lac, la nature très grossière du substrat avec une forte proportion de gros blocs, excepté sur les transects 1 et 3, associées au caractère alpin du lac (nombre de mois de gel élevé) peuvent expliquer la relative pauvreté floristique du lac, aussi bien du point de vue de la richesse que de son abondance.

Tableau 4. Abondance des macrophytes submergés et palustres (Q = (abondance espèce i) ³ du lac Lioson et statut Liste rouge (LR))																					
	Transect	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3	T3	T4	T4	T4	T4	T4
	Prof. (m)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4
LR	Espèces																				
	Macrophytes submergés																				
	<i>Chara contraria</i>						1	125	1	1		1	27	64	27	125					
VU	<i>Chara vulgaris</i>	1	125	8	1	1						1		64			1	64	64	1	
NT	<i>Potamogeton alpinus</i>			1	1		1	1					8	1	1			1	1		
VU	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	1	1				1	1				125	8	1	1		1	1	1		
NT	<i>Ranunculus trichophyllus</i>						1					1					1				
	Macrophytes émergés																				
	<i>Juncus articulatus</i>											1									
	<i>Juncus filiformis</i>	1					1					1									
	<i>Carex elata</i>	1					1					1									
	<i>Carex nigra</i>	1																			
	<i>Caltha palustris</i>	1					1					1									

3.4. Evaluation écologique globale du lac

La situation du lac Lioson est représentative de la situation naturelle de beaucoup de lacs de montagne non perturbés. En effet, la période potentielle de brassage des eaux étant courte, le lac est désoxygéné au niveau de la zone profonde dès la fin de l'été avec des problèmes de recyclage de la matière organique (Tableau 5).

Tableau 5. Evaluation de l'état écologique du lac Lioson en 2012 basée sur des indices physico-chimiques et biologiques de l'eau.

		juin	octobre
Phosphore total	mg/m ³	13	9
Transparence (m)	m	8.1	7
Oxygène dissous	% déficit surface/fond	60	22
Biomasse Chlorophylle a	mg/m ³	2.3	0.9

Les conditions climatiques de la zone sub-alpine ne facilitent pas les processus de dégradation de la matière organique au niveau des sédiments profonds, malgré un milieu peu productif. Ce déficit se traduit par une diminution de l'indice Oligochètes (IOBL) et de l'indice de qualité benthique (IQBL) avec la disparition d'espèces sensibles dans la zone très profonde (25 m) et un indice Mollusques (IMOL) très bas (Tableau 6).

Tableau 6. Evaluation de l'état écologique du lac Lioson en 2012 basée sur des indices physico-chimiques et biologiques du sédiment.

Chimie		25 m			
I _{FP} - % matière organique - Stockage matière organique sédiment		67.8			
I _{PTS} - Phosphore total - Stockage minéraux dans sédiment		54			
Macroinvertébrés		Juin		Octobre	
Profondeur		15 m	25 m	15 m	25 m
IOBL - Oligochètes	Densité (0.1 m ²)	197.9	104.2	83.3	104.2
	Nb taxons	3	1	3	1
	IOBL	9.9	7.1	8.8	7.1
	% esp. sensibles	73.7	0.0	25.0	0.0
IQBL - Oligochètes et Chironomidae		3.1	0.91	2.4	1
IMOL - Mollusques	juin (1 - 25 m)	1			
RI - Macrophytes	juillet (0 - 5 m)	0.5			

Références bibliographiques

- AFNOR 2005. Qualité de l'eau - Détermination de l'indice oligochètes de bioindication lacustre (IOBL). Association française de Normalisation (AFNOR) NF T 90-391.
- BARBE J, LAFONT M, MOUTHON J & PHILIPPE M. 2003. Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. CEMAGREF, Lyon.
- BOURGEOIS F, OLIVETTO A, PROMPT P. 2008. Etude paléolimnologique sur 8 lacs du district Rhône Méditerranée. Agence de l'eau RMC, Lyon.
- LANG C. 1986. Eutrophisation et faune benthique de trois lacs de montagne. Schweiz. Z. Hydrol. 48: 64-70.
- LANG C. & REYMOND O. 1996. Le zoobenthos comme indicateur des perturbations d'origine humaine dans deux lacs de montagne. Rev. suisse Zool. 103 (4): 851-858.
- LANG C. 1990. Quantitative relationships between oligochaete communities and phosphorus concentrations in lakes. Freshwater Biology 24: 327-334.
- LODS-CROZET B, REYMOND O & STRAWCZYNSKI A. 2008. Evaluation de l'état écologique de deux lacs sub-alpins suisses (canton de Vaud). Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 91(2) : 157-173.
- LOTTER AF, BIRKS HJB, HOFMANN W & MARCHETTO A. 1997. Modern diatoms, cladocera, chironomid and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. Journal of Paleolimnology 18: 395-420.
- MILLET L, GIGUET-COVEX, C, VERNEAUX V, DRUART JC, ADATTE T. & ARNAUD F. 2010. Reconstruction of the recent history of a large deep prealpine lake (Lake Bourget, France) using subfossil chironomids, diatoms, and organic matter analysis : towards the definition of a lake-specific reference state. J. Paleolimnology 44: 963-978.
- MOOG O. 2002 (Ed.). Fauna Aquatica Austriaca. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- MOUTHON J. 1993. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. Bull. Fr. Pêche Pisc. 331: 397-406.
- REYMOND O., 1994. Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes: une méthode simple. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 83: 1-3.
- ROSSARO B, BOGGERO A, LODS-CROZET B, FREE G, LENCIONI V & MARZIALI L. 2011. A comparison of different biotic indices based on benthic macro-invertebrates in Italian lakes. J. Limnology 70 : 109-122.
- RUBIN JF. 1991. L'omble chevalier, *Salvelinus alpinus* (L.), dans le lac Lioson (Suisse). Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 80(4) : 419-434.
- SAETHER O. A. 1979. Chironomid communities as water quality indicators. Holarctic Ecology 2: 65-74.
- SCHAUMBURG J, SCHRANZ C, MEILINGER P, STELZER, D & VOGEL A. (2011): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos gemäß EG-WRRL – Anpassung des Verfahrens aufgrund erster Ergebnisse und Erfahrungen aus den Bundesländern. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O 8.08), 299 S, Augsburg/Wielenbach.

- STRICKLAND J.D.H. & PARSONS T.R. 1968. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd Canada, 167.
- VOLLENWEIDER RA. & Kerekes J.J. 1980. "Back-ground and Summary Results of the OECD Cooperative Program on Eutrophication." In: Proceedings of an International Symposium on Inland Waters and Lake Restoration. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 440/5-81-010. pp. 26-36.
- WIEDERHOLM, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. Journal Water Pollution Control Federation 52: 537-547.
- WILLIAMS JDH, SYERS JK, HARRIS RF & ARMSTRONG DE. 1971. Extrability of phosphorus from phosphate in calcareous lake sediments. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35 : 250-255.

Annexes

Annexe 1. Evaluation de l'état écologique de la pleine eau (physico-chimie et chlorophylle a)

Paramètre	Phosphore tot. mg/m ³	OCDE Transparence m	DCE Oxygène dissous mg/L	OCDE Chlorophylle a mg/m ³
Qualité	moy. annuelle	moy. annuelle	% déficit surface/fond	moy. annuelle
très bonne	≤ 10	≥ 12	> 80	≤ 1
bonne	10 - 15	≥ 6	80	≤ 2.5
moyenne	15 - 30	6 - 3	50	2.5 - 8
médiocre	30 - 50	3 - 1.5	30	8 - 25
mauvaise	> 50	≤ 1.5	10	≥ 25

Annexe 2. L'indice oligochètes de bioindication lacustre (IOBL)

L'indice s'applique à tous les lacs et à toutes les profondeurs, du moment que des sédiments fins sont présents, mais les résultats doivent être interprétés dans le contexte naturel du plan d'eau étudié.

Les échantillons de sédiments sont réalisés en trois prélèvements élémentaires à la benne Ekman ou au tube carottier :

- au point de plus grande profondeur (9/10 Zmax),
- au niveau de 2 points intermédiaires situés de part et d'autre du point profond (Zmoy).

Un indice IOBL est déterminé pour chacune des profondeurs considérées. L'indice IOBL se calcule comme suit :

IOBL = $S + 3 \log_{10}(D + 1)$,
 avec S : # taxons identifiés parmi les 100 premiers individus
 D : densité en oligochètes pour 0,1 m².

Typologie du potentiel métabolique	IOBL	Sous-types
1A Fort potentiel (grands lacs)	>15	1A5, 1A4 , 1A3, 1A2, 1A1
1B Fort potentiel	10, 1≤15	1B5, 1B4 , 1B3, 1B2, 1B1
2A Potentiel moyen	6, 1≤10	2A5, 2A4, 2A3, 2A2, 2A1
2B Faible potentiel	3, 1≤6	2B5, 2B4, 2B3, 2B2, 2B1
3A Potentiel très faible	≤3	3A5, 3A4, 3A3, 3A2, 3A1
3B Potentiel nul (absence d'oligochètes)	0	-

Tableau I – Typologie du potentiel métabolique des sédiments et sous-types intégrant les classes de pourcentage des espèces sensibles (cf. tableau II ; d'après⁷).






% espèces sensibles	Diagnostic
>50%	 5 Très bonne qualité des sédiments
21-50%	 4 Bonne qualité des sédiments
11-20%	 3 Qualité des sédiments moyenne
6-10%	 2 Qualité des sédiments médiocre et/ou impasse trophique
≤5%	 1 Mauvaise qualité des sédiments et/ou impasse trophique

Tableau II – Grille d'interprétation des espèces sensibles d'oligochètes avec les codes couleurs classiques de qualité (d'après⁷).

Annexe 3. L'indice de qualité benthique lacustre (IQBL)

Cet indice est calculé pour les zones de profondeur moyenne et maximum. L'indice croît avec l'amélioration de la qualité des sédiments entre des valeurs comprises entre 1 et ≥4.

$$IBQ-AL = \sum_{i=1}^p S_i n_i / N$$

S_i : valeur de sensibilité pour chaque espèce (voir Tableau 2)

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus des espèces indicatrices

p = nombre d'espèces

Annexe 4 L'indice mollusques (IMOL)

L'échantillonnage est réalisé au cours d'une seule campagne pendant la saison estivale, période de développement optimale des mollusques. Les prélèvements sont réalisés à trois profondeurs d'eau différentes :

- dans la zone profonde : $Z_1 = 9/10 Z_{max}$,
- dans la zone sublittorale : $Z_2 = -10$ m (2 points),
- dans la zone littorale : $Z_3 = -3$ m (2 points).

L'IMOL est corrélé positivement avec les teneurs en O_2 dissous et avec le rapport NO_3^-/NH_4^+ , et négativement avec les teneurs en matières organiques du sédiment (carbone, azote, phosphore).

Niveau d'échantillonnage	Repères Malacologiques	Indices
$Z_1 = 9/10 Z_{max}$	- Gastéropodes et Bivalves présents	8
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7
Absence de mollusques en Z_1 :		
$Z_2 = -10$ m (-20 m) ⁽¹⁾	- Deux genres ou plus de Gastéropode présents	6
	- Un seul genre de Gastéropode présent	5
	- Gastéropodes absents, Pisidies présentes ⁽²⁾	4
Absence de mollusques en Z_2 :		
$Z_3 = -3$ m (- 5-6 m) ⁽¹⁾	- Deux genres ou plus de Gastéropode présents	3
	- Un seul genre de Gastéropode présent	2
	- Gastéropodes absents, Pisidies présentes ⁽²⁾	1
Absence de mollusques		0

⁽¹⁾ proposition de l'auteur pour les lacs profonds de grandes dimensions (Léman, ...)

⁽²⁾ avec plus d'un individu par échantillon de 0,1 m²

Annexe 5. Indice de qualité des eaux basé sur la végétation aquatique et palustre (Schaumburg et al. 2011)

Calcul de l'abondance des macrophytes : (Abondance taxon i)³ = Quantité (Q)

Calcul de l'indice de référence RI :

Equation 1 Calculation of the Reference Index

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} * 100$$

RI = Reference Index

Q_{Ai} = Quantity of the *i*-th taxon of species group A

Q_{Ci} = Quantity of the *i*-th taxon of species group C

Q_{gi} = Quantity of the *i*-th taxon of all groups

n_A = Total number of taxa in group A

n_C = Total number of taxa in group C

n_g = Total number of taxa in all groups

Evaluation de l'état écologique basé sur les macrophytes

ÖZ	RI (umgerechnet)
1	1,00 - 0,76
2	<0,76 - 0,51
3	<0,51 - 0,26
4	<0,26 - 0,01
5	0,01 - 0,00 oder Makrophytenverödung

Annexe 6. Indice Macrophytes du lac Lioson (Schaumburg et al. 2011)																																		
Espèces	Transect Prof. (m) Groupe indicateur	T1	T1	T1	T1	T1	Qai	Qci	Qgi	T2	T2	T2	T2	T2	Qai	Qci	Qgi	T3	T3	T3	T3	T3	Qai	Qci	Qgi	T4	T4	T4	T4	T4	Qai	Qci	Qgi	
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4			0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4			0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4			0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4			0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4
<i>Chara contraria</i>	B; A (> 4m)						0		0	1	125	1	1		0		128	1	27	64	27	125		244						0		0		
<i>Chara vulgaris</i>	B	1	125	8	1	1			136								0	1		64				65	1	64	64	1				130		
<i>Potamogeton alpinus</i>	A			1	1		2		2	1	1				2		2		8	1	1		10		10		1	1		2		2		
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	B	1	1						2	1	1						2	125	8	1	1			135	1	1	1					3		
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	C							0	0	1					1	1	1						1	1	1					1	1			
<i>Juncus articulatus</i>	B																1							1								1		
							2	0	140						2	1	133						135	1	456					2	1	136		
Reference Index (RI)									critères additionnels								critères additionnels							critères additionnels							critères additionnels			
									1.43	0.1							0.75	0.04						29.4	1.5						0.74	0.01		
Indice Macrophytes transects (Mmp)									0.51	0.50							0.50	0.50						0.65	0.51					0.50	0.50			
Indice Macrophytes Lac type AK(s)	Mmp	0.50																																
Autres espèces palustres présentes :																																		
<i>Carex elata</i>																																		
<i>Carex nigra</i>																																		
<i>Caltha palustris</i>																																		
<i>Juncus filiformis</i>																																		

