

ÉVOLUTION DU ZOOBENTHOS PROFOND DU LÉMAN

EVOLUTION OF THE DEEP-WATER ZOOBENTHOS IN LAKE GENEVA

Campagne 2005

PAR

Brigitte LODS-CROZET et Olivier REYMOND

SERVICE DES EAUX, SOLS ET ASSAINISSEMENT DU CANTON DE VAUD
Ch. des Boveresses 155, CH - 1066 EPALINGES

RÉSUMÉ

Le zoobenthos de la zone des 150 m de profondeur a été étudié au printemps 2005 selon le même protocole qu'en 1998 afin de suivre l'évolution de la structure des communautés benthiques. Les paramètres quantitatifs comme la densité moyenne et la biomasse totale des vers oligochètes montrent une diminution significative des effectifs depuis 1998. De plus, l'accroissement de la densité des insectes chironomidés est particulièrement nette et réjouissante. Plusieurs indicateurs qualitatifs et quantitatifs concernant les oligochètes et chironomidés montrent pour la plupart une évolution positive vers une amélioration de la qualité biologique des sédiments. Seul, l'indicateur de l'abondance relative des espèces d'oligochètes sensibles n'évolue pas dans le sens envisagé les années précédentes en augmentant progressivement. L'utilisation de plusieurs approches descriptives et de bioindication de la faune benthique des sédiments sont donc actuellement nécessaires pour apprécier l'évolution du fonctionnement trophique à long terme du Léman.

ABSTRACT

The zoobenthos in the zone at a depth of 150 m was investigated during the Spring of 2005 using the same protocol as in 1998 in order to monitor any changes in the structure of the benthic communities. The quantitative parameters, such as the mean density and total biomass of the oligochaete worms, have declined significantly since 1998. Furthermore, the increase in the density of chironomid insects has been particularly obvious and welcome. Most of the various qualitative and quantitative indicators relating to the oligochaetae and chironomids demonstrate a positive trend towards an improvement in the biological quality of the sediments. The only exception is the indicator of the relative abundance of the sensitive oligochaete species, which has not progressed as expected from the previous years, when it had risen steadily. This means that it is now necessary to use several different descriptive and bioindicator-based approaches to assessing the benthic fauna in the sediments in order to assess the long-term trophic functioning of Lake Geneva.

1. INTRODUCTION

L'étude des communautés biologiques joue un rôle de base dans l'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes lacustres. Le zoobenthos profond est en particulier exposé aux variations des conditions de milieu, tant au travers du cycle des nutriments qu'au niveau des teneurs en oxygène dissous. Comme les invertébrés benthiques ont généralement de longs cycles de vie, les conséquences de perturbations ponctuelles ou chroniques sont intégrées au niveau de la distribution, de la fréquence et/ou de la diversité du zoobenthos. Durant ces dernières décennies, de nombreux outils de biomonitoring ont utilisé le zoobenthos des lacs (SAETHER, 1979; WIEDERHOLM, 1980; MILBRINK, 1983; LAURITZEN *et al.*, 1985; LANG, 1990; LAFONT *et al.*, 1991; MOUTHON, 1993; JUGET *et al.*, 1995; p. ex.). Cependant, la mise au point d'un indice de qualité benthique global et pertinent pour le zoobenthos des lacs profonds européens n'est pas encore effective. Depuis la parution de la directive cadre européenne sur la qualité écologique des eaux (UE, 2000), des tentatives de développement d'indices de qualité biologique et de classification écologique des lacs ont vu le jour (AFNOR, 2005; VERNEAUX *et al.*, 2004; RUSE, 2002; MARGARITORA *et al.*, 2003) afin de rendre compte du fonctionnement trophique des lacs qui peut être considéré comme la potentialité de transfert de la matière organique vers les organismes consommateurs.

La faune benthique des sédiments du Léman, et plus particulièrement les vers oligochètes, les insectes chironomidés, et les mollusques bivalves sphaeridés sont connus depuis le début du siècle dernier grâce aux travaux de FOREL (1904), PIGUET et BRETSCHER (1913), ZEBROWSKA (1914), JUGET (1958, 1967) et MOUTHON (1987) et peuvent servir de référence pour apprécier les changements survenus ces trente dernières années dans l'état trophique du Léman.

Dans le cadre du programme vaudois de surveillance de la qualité biologique des lacs, les communautés zoobenthiques de la zone se situant à la profondeur moyenne du Léman (150 m) ont été suivies en 2005 et comparées à celles étudiées en 1993 (LANG et REYMOND, 1994) et 1998 (LANG, 1999). Les buts de cette étude sont de suivre l'évolution de la structure des communautés benthiques profondes par confrontation de différentes approches descriptives et de bioindication et d'établir un diagnostic sur l'état biologique des sédiments.

2. STATIONS ET MÉTHODES

En 2005, 15 stations ont été échantillonnées dans la partie occidentale du Grand-Lac sur l'isobathe 152 m entre l'embouchure de l'Aubonne et Morges (coordonnées suisses XY - 522.000/144.000 à 528.300/147.400) selon le même protocole qu'en 1998 (LANG, 1999). Les 15 stations distantes d'environ 500 m et localisées au moyen d'un récepteur GPS, ont été échantillonnées à 6 reprises entre le 4 mai et le 6 juin 2005 à l'aide d'un carottier (30 cm de long, 16 cm²) descendu depuis la surface à l'extrémité d'un câble. Au cours de chaque visite, 2 carottes de sédiment ont été prises, ce qui porte à un total de 180 échantillons. Le protocole d'échantillonnage utilisé en 1993 était légèrement différent : les stations étaient réparties à l'intérieur d'une zone rectangulaire de 4 x 0.6 km, située dans la région ouest du Grand-Lac (LANG, 1994).

En laboratoire, le sédiment est tamisé (vide de maille 0.2 mm) et le refus du tamis est conservé au formol 5%. La macrofaune récoltée est constituée principalement de vers oligochètes (lumbriculidés et tubificidés), de larves et pupes d'insectes chironomidés et de mollusques sphaeridés. Après coloration au Rose Bengale (meilleure distinction des oligochètes), les organismes sont triés et comptés sous une loupe binoculaire à faible grossissement (6 x). Les oligochètes et chironomidés sont ensuite pesés après passage sur du papier absorbant (biomasse, poids frais). Les vers oligochètes de diamètre > 0.3 mm et les chironomidés sont ensuite montés entre lame et lamelle (REYMOND, 1994) puis identifiés à l'espèce ou au groupe d'espèces. 29 échantillons dépourvus de faune n'ont pas été retenus pour l'analyse.

L'évaluation de la qualité écologique des sédiments profonds est basée sur plusieurs paramètres :

- Présence et occurrence des oligochètes, chironomidés et mollusques,
- Densité, biomasse et abondance relative des oligochètes et chironomidés, dont des espèces indicatrices,
- Abondance Relative des espèces d'Oligochètes Sensibles (AROS). AROS est ensuite comparé aux valeurs de référence définies par LANG (1990) : AROS est égal à zéro si les conditions sont celles d'un milieu eutrophe, les valeurs d'AROS varient entre 1 et 17 % dans un milieu méso-eutrophe, entre 18 et 52 % dans un milieu mésotrophe, entre 52 et 69 % dans un milieu oligo-mésotrophe et dépasse 69 % dans un milieu oligotrophe.
- Indice Oligochètes de Bioindication Lacustre (IOBL) (AFNOR, 2005), basé sur la diversité des espèces et variant entre 0 et 25 :

$$\text{IOBL} = S + 3 \log_{10} (D + 1)$$

S est le nombre total de taxons identifiés parmi 100 oligochètes

D est la densité en oligochètes pour 0.1 m²

- Index de qualité benthique pour les chironomidés (IQBC) selon WIEDERHOLM (1980), adapté au zoobenthos de lacs européens profonds et variant entre 0 et 5 :

$$\text{IBQC} = \sum_{i=0}^5 k_i n_i / N$$

$k_i = 5$ pour *Macropelopia* spp., *Paracladopelma nigrifurca* gr. et *Heterotrissocladius* spp.

4 pour *Micropsectra* spp. et *Paratendipes* spp.

3 pour *Sergentia coracina*, *Stictochironomus* spp.

2 pour *Chironomus anthracinus* et *Tanytarsus* spp.

1 pour *Chironomus plumosus*

0 si les espèces indicatrices sont absentes

n_i = nombre d'individus du groupe d'espèces i

N = nombre total d'individus des espèces indicatrices ¹.

¹ Se dit d'espèces qui ont une sensibilité différente selon le type de pollution rencontré et qui sont capables d'intégrer des perturbations de manière visible au niveau de leur diversité et/ou abondance. Elles sont, de ce fait, caractéristiques d'un état écologique du milieu.

3. RÉSULTATS

3.1 Composition et fréquence des espèces

Un total de 11 espèces d'oligochètes colonise les sédiments dans la zone des 150 m de profondeur (Tableau 1). Les critères de différenciation entre *Stylodrilus heringianus* et *S. lemani* ne permettent pas d'établir avec certitude la présence de ce dernier en 2005. La faible fréquence de *Spirosperma ferox*, trouvé seulement en 1998 indique que cette espèce est à sa limite de distribution bathymétrique. *Aulodrilus plurisetus* et *Potamothenix moldaviensis*, ont été considérés comme absents en 1993 et 1998. Ils étaient toutefois présents en 2003 dans la même zone de profondeur qu'en 2005 (LODS-CROZET et REYMOND, 2004) et ont cependant pu passer inaperçus à l'époque du fait de la petite taille du premier et de la confusion possible avec les *Limnodrilus* immatures pour le second. *Potamothenix vej dovskyi* est l'espèce la plus fréquente (64 %), bien qu'elle soit en régression depuis 1998. La fréquence de *Stylodrilus* est aussi en diminution par rapport à 1998.

Cinq taxa de chironomidés colonisent ces fonds. Seul *Procladius* sp. n'a pas été retrouvé. La fréquence de tous les taxa est en augmentation en 2005.

Parmi les mollusques, les 2 espèces de sphaeridés, déjà trouvées en 2003, restent peu fréquentes. Elles sont cependant caractéristiques des eaux froides des grands lacs (surtout *Pisidium conventus*).

Tableau 1 : Présence et fréquence des oligochètes et chironomidés récoltés dans le Léman en 2005.

L : Lumbriculidés; T : Tubificidés; + : présence; / : absence; nd : donnée non disponible
o : sensible à la pollution; i : espèce indicatrice selon SAETHER (1979) et WIEDERHOLM (1980)

Table 1 : Presence, occurrence for oligochaete and chironomid fauna collected in the Lake Geneva in 2005.

L : Lumbriculids; T : Tubificids; + : present; / absent; nd : no data
o : intolerant of pollution; i : indicator species (SAETHER, 1979; WIEDERHOLM 1980)

			Fréquence (%)		
			1993	1998	2005
OLIGOCHAETA					
o	L	<i>Bichaeta sanguinea</i> Bretscher	3.5	5	2.6
o	L	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparède + <i>S. lemani</i> (Grube)	40.4	66.1	37.7
o	L	<i>Embolecephalus velutinus</i> (Grube)	4.4	7.1	8.6
	T	<i>Spirosperma ferox</i> (Eisen)	/	2	/
	T	<i>Potamothenix vej dovskyi</i> (Hrabe)	45.6	77.4	64.2
	T	<i>Potamothenix moldaviensis</i> (Vej dovsky & Mrazek)	/	/	7.3
	T	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède)	+	+	3.3
	T	<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill)	/	+	4.6
	T	<i>Limnodrilus</i> sp. (+ immatures)	8.3	33	54.3
	T	<i>Potamothenix hammoniensis</i> (Michaelson)	+	+	0.7
	T	<i>Potamothenix heuscheri</i> Bretscher	+	+	12.6
	T	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller)	+	+	1.3
	T	<i>P. hammoniensis</i> , <i>P. heuscheri</i> , <i>T. tubifex</i> (+ immatures)	79.8	59.5	57.6
	T	<i>Aulodrilus plurisetus</i> Piguet	/	/	4.6
CHIRONOMIDAE			15.4	12.5	25.8
o	i	<i>Macropelopia nebulosa</i> gr.	+	1.8	2
o	i	<i>Paracladopelma nigrifida</i> gr.	/	1.2	8.6
o	i	<i>Micropsectra notescens</i> gr.	+	7.7	15.9
		<i>Procladius</i> (H.) spp.	+	1.2	/
	i	<i>Paratendipes</i> spp.	/	/	0.7
	i	<i>Tanytarsus</i> spp.	+	0.6	1.3
MOLLUSCA					
		<i>Pisidium conventus</i> Clessin	nd	nd	4.6
		<i>Pisidium personatum</i> Malm	nd	nd	
Nombre d'échantillons :			228	168	151

3.2 Densité et biomasse

La densité moyenne des vers oligochètes diminue entre 1998 et 2005 en passant de 12'001 à 5'156 ind.m⁻² (Tableau 2); la différence est significative (test de Mann-Whitney, $p < 0.001$). Pour les chironomidés, l'augmentation de la densité est particulièrement nette et significative (test de Mann-Whitney, $p = 0.002$).

La biomasse totale des invertébrés benthiques a tendance à diminuer entre 1998 et 2005 (test de Mann-Whitney, $p < 0.001$). Elle reflète essentiellement la diminution des vers oligochètes, puisque les chironomidés ne représentent que 10 % de la biomasse totale.

Tableau 2 : Evolution des descripteurs quantitatifs et intégrateurs du zoobenthos du Léman dans la zone des 150 m de profondeur; (\pm Erreur standard).

Table 2 : Change in the quantitative and integrative descriptors of the zoobenthos in the 150 m depth zone of Lake Geneva; (" Standard error).

	1993	1998	2005
Densité totale oligochètes (ind/m ²)	10'518 (532)	12'001 (927)	5'156 (403)
Densité totale oligochètes déterminés (ind/m ²)	3'308 (161)	4'159 (251)	3'005 (201)
Densité totale chironomidés (ind/m ²)	115	97 (21)	240 (45)
Biomasse totale oligochètes et chironomidés (g/m ²)	10.6	13.1	6.4
Abondance Relative Oligochètes Sensibles (AROS) (%)	17.9	29.9	18.5
Indice Oligochètes Bioindication Lacustre (IOBL)	/	14.6	14.2
Densité <i>Embolocephalus velutinus</i> (ind/m ²)	27 (8)	56 (16)	74 (23)
Abondance relative <i>Embolocephalus velutinus</i> (%)	1.3	1.3	2.6
Indice Qualité Benthique (IQBC) (Chironomidés)	3.66	3.61	4.22
Abondance relative <i>Macropelopia</i> et <i>Paracladopelma</i> (%)	2.4	21.7	29.3
Nombre d'échantillons :	228	168	151

3.3 Evaluation de la qualité biologique basée sur les communautés benthiques

Les 3 espèces d'oligochètes sensibles à la pollution sont présentes dans 43.7 % des prélèvements en 2005 (68.5 % en 1998 et 46 % en 1993). L'abondance relative moyenne des oligochètes sensibles (AROS) est de 18.5 % (29.9 % en 1998). Les différences observées sont significatives (test de Mann-Whitney, $p < 0.001$). L'augmentation observée en 1998 ne se confirme pas en 2005. Ce sont surtout les oligochètes du genre *Stylodrilus* qui voient leur abondance relative diminuer de moitié par rapport à 1998. Il faut noter toutefois que *Embolocephalus velutinus*, espèce caractéristique du début du XX^e siècle et plus sensible que *Stylodrilus*, (JUGET, 1967; LANG, 1999) a tendance à devenir plus fréquente et plus abondante depuis 1993 (Tableau 2).

L'indice oligochètes de bioindication lacustre (IOBL) calculé pour 1998 et 2005 est supérieur à 10 et indique un fort potentiel métabolique des sédiments.

L'indice de qualité benthique (IQBC) basé sur les chironomidés augmente entre 1998 et 2005, signe d'une recolonisation des sédiments profonds par des espèces sensibles. On peut également suivre l'évolution de l'abondance relative de 2 espèces sensibles (*Macropelopia nebulosa* gr. et *Paracladopelma nigrifula* gr.) où une nette augmentation est constatée (Tableau 2).

4. CONCLUSIONS

La diminution de la densité et de la biomasse totale des oligochètes entre 1998 et 2005 sont des signes d'une moins grande productivité du système. De même, la valeur élevée de IOBL révèle la potentialité des sédiments lacustres profonds à assimiler et à recycler les substances minérales et organiques. Le suivi des populations de l'oligochète *Embolocephalus velutinus* semble pertinent pour apprécier la qualité des sédiments profonds. Au niveau des deux descripteurs utilisés pour les chironomidés, ils confirment une lente mais évidente restauration de conditions favorables au niveau des sédiments profonds du Léman. Le maintien de populations de mollusques sphaeridés en zone profonde, caractéristiques des eaux froides des grands lacs est également un signe encourageant dans le processus de réoligotrophisation du lac. Par contre, l'indicateur AROS n'évolue pas comme il avait été envisagé les années précédentes en augmentant progressivement.

Ces résultats montrent que les communautés benthiques (vers oligochètes, larves de chironomidés et mollusques sphaeridés) constituent un outil pour apprécier l'évolution du fonctionnement trophique à long terme d'un grand lac profond mais que plusieurs approches complémentaires sont actuellement nécessaires pour avoir une bonne vision d'ensemble.

Remerciements : L'aide sur le terrain de Luc Jacquemettaz, garde-pêche et de notre collègue Hélène Mayor Siméant nous a permis de mener à bien ce travail. Nous tenons également à remercier Pascal Stucki, biologiste au bureau Aquarius de Neuchâtel pour la détermination des mollusques sphaeridés.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR (2005) : Qualité de l'eau - Détermination de l'indice oligochètes de bioindication lacustre (IOBL). Association française de Normalisation (AFNOR), NF T 90-391, 17 p.
- FOREL, F. A. (1904) : Le Léman. Monographie limnologique. Slatkine Reprints, vol 3, 715 p.
- JUGET, J. (1958) : Recherches sur la faune de fond du Léman et du lac d'Annecy. Hydroécologie appliquée, 7, 7-95.
- JUGET, J. (1967) : La faune benthique du Léman: modalités et déterminismes écologiques du peuplement. Université de Lyon, 360 p.
- JUGET, J., LAFONT, M., MOUTHON, J. et GERDEAUX, D. (1995) : Structure des communautés benthiques et pisciaires. In: "Limnologie générale", R. Pourriot & M. Meybeck, eds, Masson, Paris, Milan, Barcelone, 494-513.
- LAFONT, M., JUGET, J. et ROFES, G. (1991) : Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des oligochètes. Rev. Sci. Eau, 4, 253-268.
- LANG, C. (1990) : Quantitative relationships between oligochaete communities and phosphorus concentrations in lakes. Freshwater Biology, 24, 327-334.
- LANG, C. (1999) : Evolution de l'état trophique du Léman entre 1990 et 1998 indiquée par les communautés de vers présentes à 150 m de profondeur. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1998, 101-110.
- LANG, C. et REYMOND, O. (1994) : Evolution de l'état du Léman entre 1983 et 1993 indiquée par les communautés de vers de la zone profonde. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1993, 123-127.
- LAURITZEN, D.D., MOZLEY, S.C. et WHITE, D.S. (1985) : Distribution of oligochaetes in lake Michigan and comments on their use as indices of pollution. J. Great Lakes Res., 11(1), 67-76.
- LODS-CROZET, B. et REYMOND, O. (2004) : Réponses des communautés benthiques du Léman à l'amélioration de l'état trophique du Léman entre 1983 et 2003. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2003, 99-109.
- MARGARITORA, F.G., BAZZANTI, M., FERRARA, O., MASTRANTUONO, L., SEMINARA, M. et VAGAGGINI, D. (2002) : Classification of the ecological status of volcanic lakes in Central Italy. J. Limnol., 62 (Suppl. 1), 49-59.
- MILBRINK, G. (1983) : An improved environmental index based on the relative abundance of oligochaete species. Hydrobiologia, 102, 89-97.
- MOUTHON, J. (1987) : Contribution à la connaissance des mollusques du Léman. Intérêt de l'étude des malacocénoses pour apprécier la qualité biologique des sédiments de ce plan d'eau. Revue suisse zool., 94(4), 729-740.
- MOUTHON, J. (1993) : Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. Bull. Fr. Pêche Pisc., 331,397-406.
- PIGUET, E. et BRETSCHER, K. (1913) : Oligochètes. Catalogue des invertébrés de la Suisse, Fascicule 7, Genève, 215 p.
- REYMOND, O. (1994) : Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes: une méthode simple. Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., 83, 1-3.
- RUSE, L. (2002) : Chironomid pupal exuviae as indicators of lake status. Archiv für Hydrobiologie, 153(3), 367-390.
- SAETHER, O. A. (1979) : Chironomid communities as water quality indicators. Holarctic Ecology, 2, 65-74.

- UE, (2000) : Directive 2000 CE du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Bruxelles.
- VERNEAUX, V., VERNEAUX, J., SCHMITT, A., LOVY, C. et LAMBERT, J.-C. (2004) : The Lake Biotic Index (LBI) : an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the lake Chalain (French Jura) as an example. *Ann. Limnol. - Int. J. Limn.*, 40 (1), 1-9.
- WIEDERHOLM, T. (1980) : Use of benthos in lake monitoring. *Journal Water Pollution Control Federation*, 52, 537-547.
- ZEBROWSKA, A. (1914) : Recherches sur les larves de Chironomides du Léman. *Dissertation, Université de Lausanne*, 59 p.

CONSEIL SCIENTIFIQUE

DE LA COMMISSION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
CONTRE LA POLLUTION

RAPPORTS

SUR LES ÉTUDES
ET RECHERCHES ENTREPRISES
DANS LE BASSIN LÉMANIQUE

PROGRAMME QUINQUENNAL 2001-2005
CAMPAGNE 2005

*Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut.,
Campagne 2005, 2006*