

ÉVOLUTION TROPHIQUE DU LÉMAN INDIQUÉE PAR LES COMMUNAUTÉS DE VERS ¹

Campagnes 1982, 1991 et 1996

PAR

Claude LANG

Avec la collaboration technique d'Olivier REYMOND

CENTRE DE CONSERVATION DE LA FAUNE ET DE LA NATURE, Ch. Du Marquisat 1, CH - 1025 ST-SULPICE

RÉSUMÉ

Les communautés de vers (tubificidés et lumbriculidés), présentes à 40 m de profondeur, ont été étudiées en 1982, 1991 et 1996 sur la rive nord-ouest du Grand Lac (entre la pointe de Promenthoux et St-Sulpice). L'abondance relative moyenne des espèces indicatrices de conditions oligotrophes a passé de 17 % en 1982 à 41 % en 1991, puis à 45 % en 1996. D'après ces valeurs, les communautés de vers du Léman qui étaient celles d'un lac méso-eutrophe en 1982, sont en 1991 et en 1996 celles d'un lac mésotrophe. En d'autres termes, l'amélioration de la qualité biologique des sédiments, constatée pour la première fois en 1991, s'est confirmée en 1996 : le Léman est en voie de restauration, tout au moins dans la zone étudiée.

1. INTRODUCTION

Tous les processus, tant physico-chimiques que biologiques, qui se déroulent (ou qui se sont déroulés) dans un lac, exercent tôt ou tard des effets au niveau des sédiments (HAKANSON et JANSSON, 1983). Pendant la phase de restauration qui suit un épisode d'eutrophisation d'origine humaine, les sédiments gardent plus longtemps que l'eau la trace des atteintes subies (LEVINE et SCHINDLER, 1989). Pour cette raison, un lac ne sera complètement restauré que lorsque ses sédiments le seront. Pour définir le degré de restauration des sédiments, il faut utiliser des critères intégrateurs. La faune des sédiments, appelée aussi faune benthique ou zoobenthos, constitue un de ceux-ci. Sa composition se modifie en effet en fonction de la nature et de l'intensité des perturbations subies par le sédiment.

Dans cette étude comme dans d'autres (LANG, 1990; LANG et REYMOND, 1992), la composition des communautés de vers (tubificidés et lumbriculidés) est utilisée pour caractériser l'état du Léman à partir de celui de ses sédiments. Les espèces de vers qui colonisaient la zone profonde lorsque le lac était oligotrophe, servent d'élément de référence. Ces espèces oligotrophes (tableau 1) qui ont diminué lorsque le phosphore a augmenté, tendent à augmenter en réponse à sa baisse (LANG, 1990, LANG et REYMOND, 1992). Leur retour signale le rétablissement graduel de l'état originel du milieu. En effet, qui, mieux que ces espèces, saurait reconnaître si le sédiment a repris toutes ses propriétés d'avant l'eutrophisation ?

¹

Etude réalisée dans le cadre des activités de surveillance du Service cantonal vaudois des forêts et de la faune

En 1996, les communautés de vers présentes à 40 m de profondeur ont été étudiées sur la rive nord-ouest du Grand Lac. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus en 1982 et 1991 dans cette même zone (LANG et REYMOND, 1992). En réponse à la baisse des concentrations en phosphore dans l'eau du Léman, l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes a passé de 17 % en 1982 à 41 % en 1991. Il s'agit de savoir si cette tendance à l'amélioration se confirme en 1996.

2. STATIONS ET MÉTHODES

La rive nord-ouest du Grand Lac, comprise entre la pointe de Promenthoux et St-Sulpice, a été étudiée en 1982, 1991 et 1996 (figure 1). En 1982, 61 stations de prélèvement, situées à 40 m de profondeur et distantes d'environ 400 m les unes des autres, ont été visitées entre la fin juin et le début juillet. Dans chaque station, une carotte de sédiment d'une hauteur d'environ 20 cm et d'une superficie de 16 cm² est prélevée au moyen d'un carottier descendu depuis la surface à l'extrémité d'un câble.

En 1991 et 1996, 64 et 68 stations respectivement ont été visitées à trois reprises entre le début mai et la mi-juin. L'emplacement réel des trois prélèvements effectués dans une même station se situe dans une zone large de 100 m, de part et d'autre de l'emplacement théorique (tous les 400 m) de chaque station. Par rapport à 1982, le nombre de prélèvements a été triplé de manière à augmenter la représentativité des résultats. Signalons enfin que les prélèvements effectués en 1996 sont répartis dans 14 zones distinctes sur la figure 1 afin de faciliter la représentation graphique des résultats (figure 2). Les délimitations sont choisies de manière à ce que les 14 zones étudiées soient de taille égale.

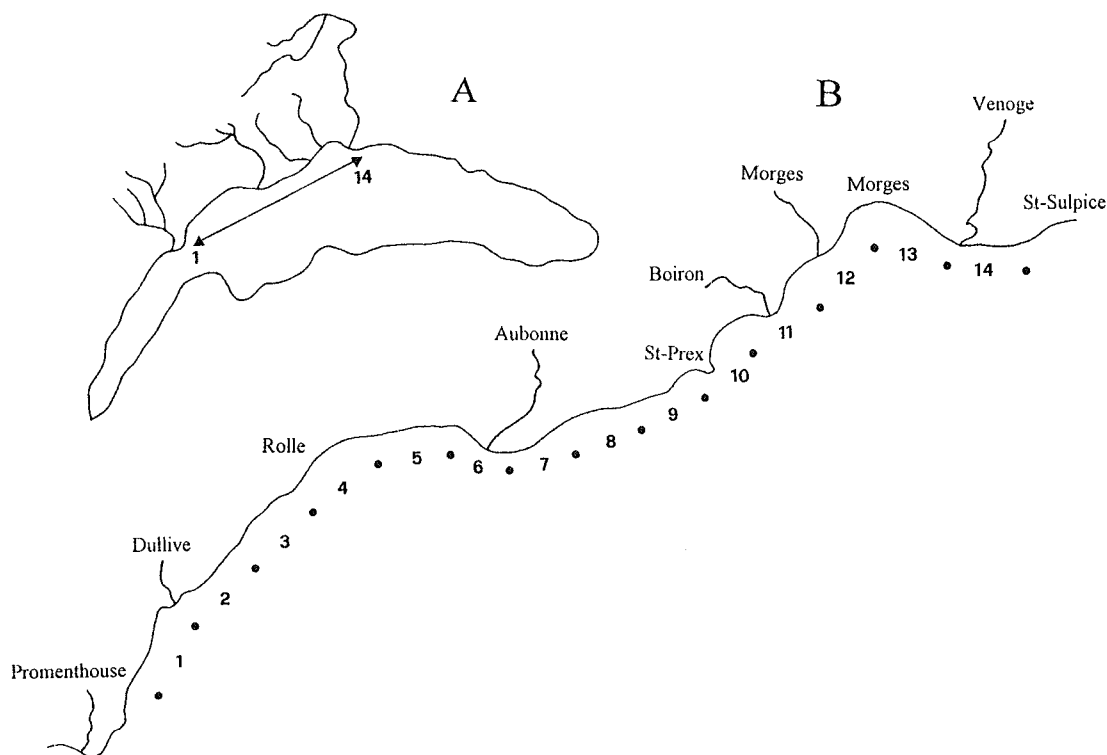


Figure 1 : A. Localisation des zones étudiées (1 - 14) dans le Léman en 1982, 1991 et 1996.
B. Localisation et numéros d'identification des 14 zones où les prélèvements de vers ont été effectués à 40 m de profondeur

En laboratoire, le sédiment récolté dans chaque prélèvement est tamisé (maille 0.2 mm) et le refus du tamis est conservé dans du formol 8 %. Les vers (tubificidés et lumbriculidés) sont ensuite séparés du sédiment et montés, entre lame et lamelle, dans un milieu approprié (REYMOND, 1994) afin d'être identifiés jusqu'au niveau de l'espèce (tableau 1). Les espèces sont réparties en trois groupes d'après leur valeur indicatrice. L'abondance relative des espèces oligotrophes est calculée en rapportant, sous la forme de pourcentage, le nombre d'individus appartenant à ces espèces au nombre total de vers présents dans chaque prélèvement.

L'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes passe de 70 % dans un lac oligotrophe à 52 % dans un lac oligo-mésotrophe, à 35 % dans un lac mésotrophe, à 17 % dans un lac méso-eutrophe avant d'atteindre la valeur zéro dans la zone profonde d'un lac eutrophe (LANG, 1990). Ces 5 valeurs de référence permettent de replacer la signification d'une campagne de prélèvements de vers dans le contexte de l'évolution trophique d'un lac. Par exemple, des valeurs voisines de 35 % (25 % - 45 %) sont caractéristiques de conditions mésotrophes.

La concentration moyenne en phosphore total (TP) observée dans l'eau (0 - 100 m) du Léman pour les 5 années (1991 - 1995) précédant le prélèvement des vers est de 32.2 mg/m³ (BLANC et al., 1996). Cette valeur est utilisée pour calculer l'abondance relative (%) moyenne des espèces de vers oligotrophes (OS) au moyen de l'équation suivante (LANG 1990) :

$$OS = 80.29 - 8.35 TP^{0.5} \quad r^2 = 0.81 \quad n = 15$$

Si les valeurs de OS observées sont proches de la valeur empirique ainsi calculée (32.9 %), cela signifie que la restauration progresse à la même vitesse dans l'eau et dans le sédiment (LANG et REYMOND, 1996). Si les valeurs observées sont inférieures à la valeur calculée, cela veut dire que la restauration des sédiments est retardée par rapport à celle de l'eau.

C'est l'intensité de la sédimentation organique qui constitue le lien entre le phosphore et les communautés de vers. En effet, la baisse du phosphore entraîne celle de la sédimentation organique. Il en résulte une augmentation de l'abondance relative des espèces oligotrophes, qui s'explique par de meilleures conditions d'oxygénation à l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 1 - Valeur indicatrice des principales espèces de vers (tubificidés et lumbriculidés) du Léman (LANG, 1990)

Espèces	Indique une tendance		
	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe
<i>Bythonomus lemani</i> Grube	+		
<i>Bichaeta sanguinea</i> Bretscher	+		
<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparède	+		
<i>Spirosperma velutinus</i> (Grube)	+		
<i>Potamothenix vejvodskyi</i> (Hrabe)		+	
<i>Spirosperma ferox</i> (Eisen)		+	
<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube)		+	
<i>Potamothenix moldaviensis</i> (Vejvodsky, Mrazek)		+	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède)			+
<i>Potamothenix hammoniensis</i> (Michaelsen)			+
<i>Potamothenix heuscheri</i> (Bretscher)			+
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller)			+

3. RÉSULTATS

En 1996, l'abondance relative moyenne des espèces de vers oligotrophes varie en fonction de l'emplacement des zones étudiées (figures 1 et 2). Elle tend à baisser dans les zones directement influencées par les apports des cours d'eau : la Dullive (zone 2) et l'Aubonne (zones 6 et 7). L'influence de la Venoge sur la zone 14 est faible. Dans certaines zones, la variabilité des résultats, représentée par la taille des intervalles de confiance, est grande. Dans la plupart des zones, les abondances moyennes observées sont supérieures à la valeur calculée à partir des concentrations en phosphore (voir chapitre 2 : Stations et méthodes).

En ce qui concerne l'évolution générale de l'ensemble des 14 zones étudiées, l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes passe de 17 % en 1982 à 41 % en 1991 puis à 45 % en 1996 (figure 3). Les différences globales observées entre les trois campagnes sont significatives (test de KRUSKAL-WALLIS, P = 0.0001); toutefois, d'après un test de comparaisons multiples, les différences entre 1991 et 1996 ne le sont pas.

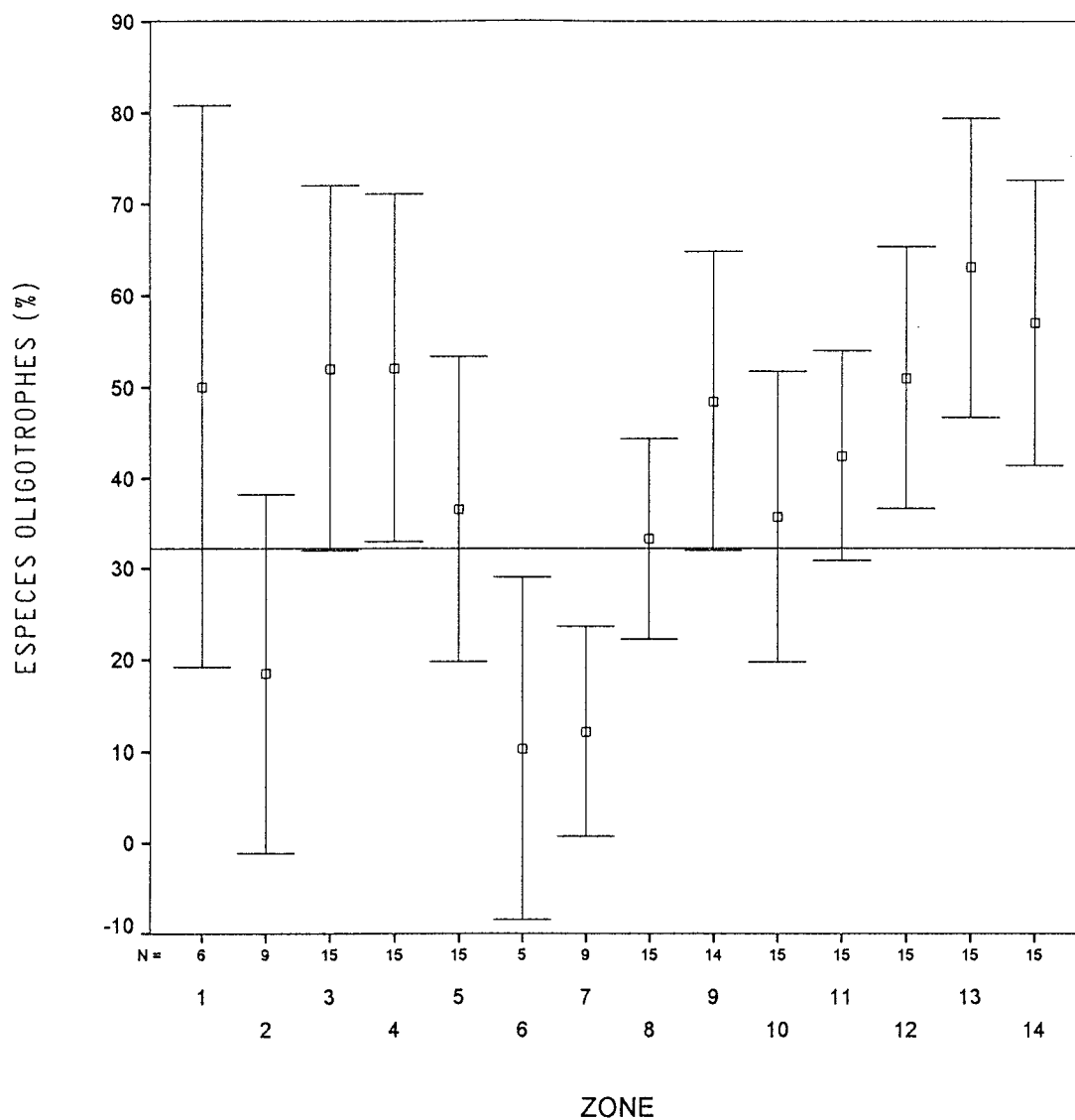


Figure 2 : Abondance relative moyenne (%) des espèces de vers oligotrophes observée en 1996 dans chacune des 14 zones étudiées (figure 1). L'intervalle de confiance de 95 % autour de la moyenne ainsi que le nombre de prélèvements effectués (N) sont indiqués pour chaque zone. La ligne horizontale correspond à l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes calculée à partir de la concentration moyenne en phosphore observée entre 1991 et 1995 (voir Stations et méthodes)

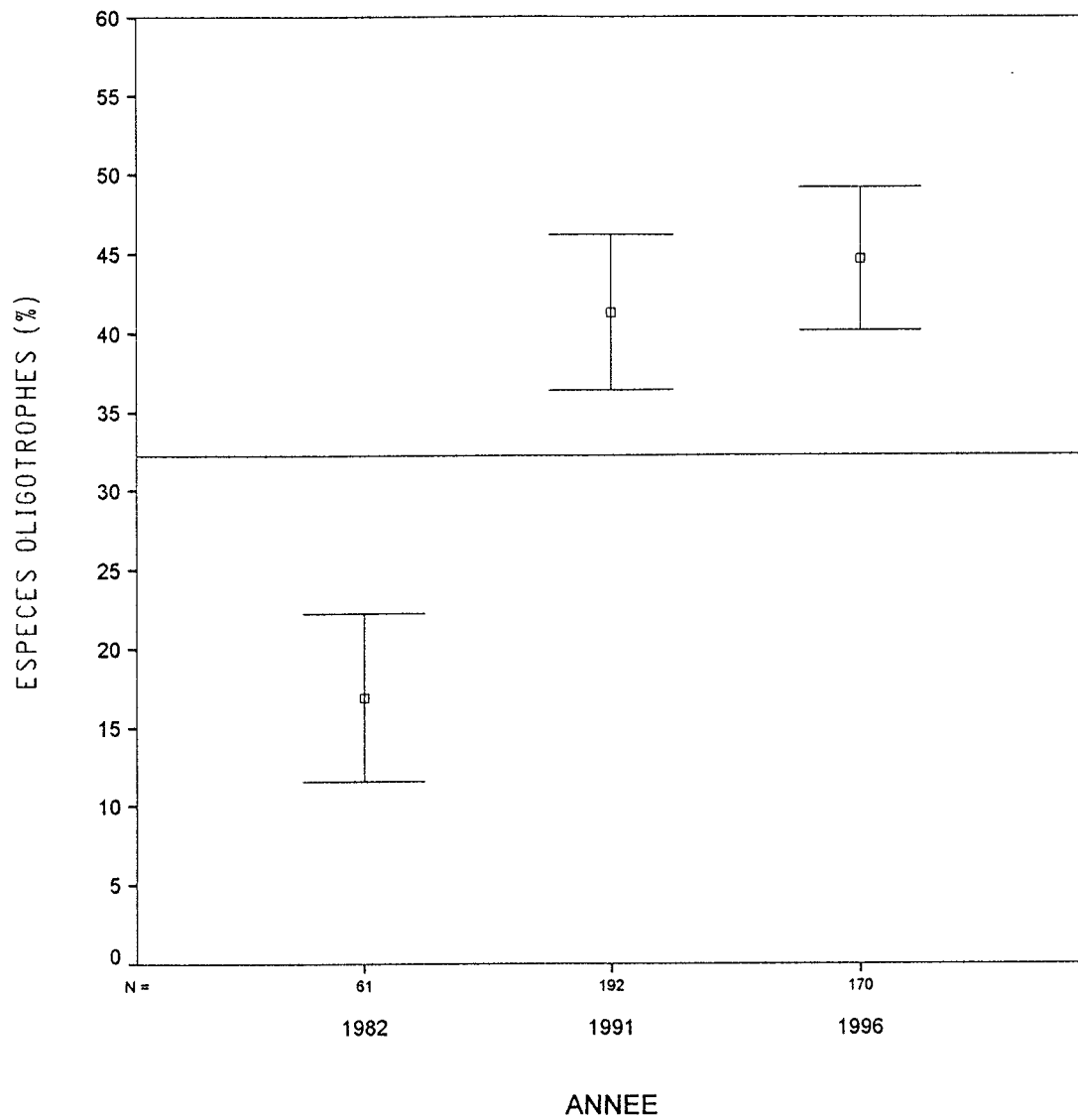


Figure 3 : Evolution de l'abondance relative moyenne (%) des espèces de vers oligotrophes entre 1982 et 1996 à 40 m de profondeur dans l'ensemble des 14 zones étudiées (légende, voir figure 2)

4. DISCUSSION

L'augmentation de l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes dans les communautés de vers du Léman montre que l'état des sédiments s'améliore, à 40 m de profondeur tout au moins (figure 3). Toutefois, ce n'est qu'entre 1982 et 1991 que l'amélioration est très accentuée; au contraire, entre 1991 et 1996, elle n'est pas significative. Tout se passe comme si l'évolution biologique procédait de façon discontinue: un saut suivi d'un palier.

Le caractère discontinu de cette évolution peut s'expliquer par les conditions trophiques et les intervalles de temps différents qui existent entre les campagnes comparées. Dans le premier cas, les communautés de vers ont eu 9 ans pour s'adapter à une baisse du phosphore total de 77 mgP/m³ en 1982 à 52 mgP/m³ en 1991; dans le deuxième cas, elles n'ont eu que 5 ans pour réagir à une baisse de 52 mgP/m³ en 1991 à 41 mgP/m³ en 1996 (BLANC et al., 1996).

L'impact de ces différences sur les vers se comprend mieux si les concentrations en phosphore sont exprimées sous forme de probabilité que le lac soit dans un état trophique donné (FRICKER, 1980 : p. 89). C'est ainsi que la probabilité que le Léman soit mésotrophe qui n'était que de 10 % en 1982, passe à 30 % en 1991 et à 40 % en 1996. Les probabilités calculées pour 1991 et 1996 sont proches l'une de l'autre et bien distinctes de celle de 1982.

Pour les vers comme pour le phosphore, les données 1991 et 1996 se ressemblent davantage entre elles qu'elles ne ressemblent à celles de 1982. Les abondances relatives moyennes des espèces oligotrophes, voisines en 1991 et 1996 (41 % et 45 %), sont bien distinctes de celle de 1982 (17 %). Dans le premier cas, les communautés de vers sont celles d'un lac mésotrophe (voir Stations et méthodes); dans le deuxième cas, celles d'un lac méso-eutrophe. Entre 1982 et 1991, le Léman a passé d'un niveau trophique à un autre. Dès lors il n'est pas étonnant que l'abondance des espèces oligotrophes soit plus variable au cours de cette phase de transition que lorsque le stade mésotrophe est atteint (1991 - 1996).

Les abondances relatives moyennes des espèces oligotrophes observées en 1991 et 1996, à 40 m de profondeur, sont nettement supérieures à 32.9 %, valeur calculée à partir des concentrations en phosphore total (figure 3). Cette différence indique que, dans cette zone, la restauration du sédiment est beaucoup plus rapide qu'ailleurs. Par exemple, l'abondance des espèces oligotrophes n'est que de 17 % dans la zone profonde (60 m) du Petit Lac en 1994, et de 22 % dans la zone ouest (100 m) du Grand Lac en 1995 (LANG, 1997).

La zone située à 40 m de profondeur est pourtant, de par sa localisation, directement exposée aux apports organiques des cours d'eau (figure 1). Cependant, mis à part l'Aubonne et la Dullive, l'impact est souvent minime (figure 2). Cette situation paradoxale s'explique par le fait que les apports coulent plus en profondeur en raison de la pente du fond et sous l'action des courants côtiers (HAKANSON et JANSSON, 1983). Cette accumulation de la matière organique en profondeur (focusing) est sans doute la cause du mauvais état d'une partie du Petit Lac et de la zone ouest du Grand Lac mentionnées ci-dessus (LANG, en préparation).

Signalons enfin que, dans la zone la plus profonde du Léman, la rareté de l'oxygène exerce une action prépondérante sur les communautés de vers (LANG, soumis). Des prélèvements effectués en 1996 au large de Lausanne au moyen du sous-marin F.A. FOREL, montrent que l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes passe de 47 % entre 185 m et 240 m de profondeur à 8 % entre 245 m et 300 m. La baisse des concentrations en oxygène avec la profondeur explique cette différence. Les communautés de vers observées entre 185 m et 240 m sont celles d'un lac mésotrophe; entre 245 m et 300 m, celles d'un lac méso-eutrophe (voir chapitre 2 : Stations et méthodes). La zone la moins profonde correspond à la situation présente du Léman; la zone la plus profonde à sa situation passée. A 300 m de profondeur, les communautés de vers sont même celles d'un lac eutrophe depuis 1976 au moins (LANG, soumis).

5. CONCLUSION

La prépondérance accrue des espèces oligotrophes au sein des communautés de vers indique clairement que le Léman est en voie de restauration (figure 3). Celle-ci est particulièrement avancée à 40 m de profondeur dans la zone étudiée entre 1982 et 1996 (figure 1). Les communautés de vers y sont devenues celles d'un lac mésotrophe après avoir été celles d'un lac méso-eutrophe. D'après ces résultats, le Léman se trouve en 1996 à mi-chemin entre l'état oligotrophe qui était le sien et l'état eutrophe qui aurait été le sien, si l'épuration des eaux n'avait pas été généralisée dans le bassin versant.

Cependant, la restauration de l'état biologique des sédiments ne progresse pas aussi vite dans l'ensemble du Léman que dans la zone côtière étudiée entre 1982 et 1996. Il faut donc faire encore diminuer les concentrations en phosphore dans l'eau afin qu'augmente la superficie des zones où les sédiments sont biologiquement restaurés.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC, P., CORVI, C., NIREL, P., REVACLIER, R. et RAPIN, F. (1996) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman, campagne 1995. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., 37-80.
- FRICKER, H.J. (1980) : OECD Eutrophication programme regional project, alpine lakes. Swiss Federal Board for Environmental Protection, Bern.
- HAKANSON, L. et JANSSON, M. (1983) : Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 316 p.
- LANG, C. (1990) : Quantitative relationships between oligochaete communities and phosphorus concentrations in lakes. Freshwat. Biol., 24, 327-334.
- LANG, C. (1997) : Oligochaetes, organic sedimentation, and trophic state : how to assess the biological recovery of sediments in lakes ? Aquatic Sciences, 59, 26-33.
- LANG, C. (soumis) : Using a submarine to monitor the biological recovery of deep sediments in Lake Geneva (Switzerland). Rev. Suisse Zoologie.
- LANG, C. et REYMOND, O. (1992) : Reversal of eutrophication in Lake Geneva: evidence from the oligochaete communities. Freshwat. Biol., 28, 145-148.
- LANG, C. et REYMOND, O. (1996) : Empirical relationships between oligochaetes, phosphorus and organic deposition during the recovery of Lake Geneva from eutrophication. Arch. Hydrobiol., 136, 237-245.
- LEVINE, S.N. et SCHINDLER, D.W. (1989) : Phosphorus, nitrogen, and carbon dynamics of experimental lakes 303 during recovery from eutrophication. Can. J. Fish. aquat. Sci., 46, 2-10.
- REYMOND, O. (1994) : Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes : une méthode simple. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 83, 1-3.

REMERCIEMENTS

Philippe Tavel m'a aidé à effectuer les prélèvements de la campagne 1996.