

# ÉVOLUTION DE L'ÉTAT TROPHIQUE DU LÉMAN ENTRE 1990 ET 1998 INDIQUÉE PAR LES COMMUNAUTÉS DE VERS PRÉSENTES À 150 m DE PROFONDEUR <sup>1</sup>

PAR

**Claude LANG**

Avec la collaboration technique d'**Olivier REYMOND**

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

## RÉSUMÉ

*Cette étude évalue la réponse biologique des sédiments profonds à la baisse des concentrations en phosphore dans l'eau du Léman. Dans ce but, les espèces de vers (tubificidés et lumbriculidés), présentes à 150 m de profondeur sur la rive nord-ouest du Grand Lac (entre Buchillon et Morges), ont été étudiées en 1990, 1993 et 1998. La proportion d'individus appartenant à des espèces indicatrices de conditions oligotrophes augmente significativement entre 1990 et 1998, indiquant ainsi une amélioration de l'état biologique des sédiments. Toutefois celle-ci est moins accentuée que l'amélioration observée en 1991 et en 1996 à 40 m de fond. Plus la profondeur est grande, plus la restauration biologique des sédiments altérés prend du temps.*

## 1. INTRODUCTION

Depuis 1979, les concentrations en phosphore baissent régulièrement dans l'eau du Léman en réponse aux mesures d'assainissement prises (BLANC et al., 1998). Cette baisse du phosphore devrait entraîner celle de la sédimentation organique, c'est-à-dire une diminution de la "pluie" de détritiques organiques qui se déposent sur le fond du lac (BAINES et PACE, 1994). Moins de sédimentation organique, cela signifie moins de nourriture mais plus d'oxygène disponibles au niveau de l'interface eau-sédiment. De ce fait, la faune de fond (faune benthique ou zoobenthos) devrait se modifier en réponse à la baisse du phosphore et nous renseigner ainsi sur l'évolution de l'état du lac. En particulier, les espèces adaptées à un milieu où la nourriture est rare mais l'oxygène abondant (un milieu oligotrophe) devraient être à nouveau favorisées.

Dans la zone profonde du Léman (40 - 309 m), la faune des sédiments se compose essentiellement de vers et de larves d'insectes (chironomides). Les espèces de vers caractéristiques du Léman lorsqu'il était encore oligotrophe (aux alentours de 1940 - 1950) sont connues (JUGET, 1967). Ces espèces indicatrices qui étaient les plus abondantes (en moyenne 70 % des individus présents) dans les communautés de vers au début du siècle, ont fortement diminué entre 1957 et 1979 à cause de l'augmentation des concentrations en phosphore. Elles ont ensuite augmenté en réponse à la baisse du phosphore. A 40 m de profondeur par exemple, la proportion d'individus appartenant à des espèces indicatrices de conditions oligotrophes a passé de 17 % en 1982 à 41 % en 1991 (LANG, 1998 a). A 150 m de fond, ces espèces ne représentaient que le 9 % des vers en 1983, mais le 24 % en 1990. Ces augmentations indiquent que l'état des sédiments s'améliore mais que l'amélioration devient de plus en plus lente au fur et à mesure que la profondeur augmente. De ce fait, il est nécessaire d'examiner périodiquement l'évolution des sédiments à différentes profondeurs.

La présente étude analyse la recolonisation en 1998 par les espèces oligotrophes des sédiments situés à une profondeur de 150 m. La situation observée en 1998 est ensuite comparée à celles de 1990 et 1993 à la même profondeur ainsi qu'à celles de 1991 et de 1996 à 40 m de fond. Ces comparaisons devraient permettre de poser un diagnostic précis sur l'évolution de l'état du Léman à partir de critères intégrateurs.

## 2. STATIONS ET MÉTHODES

La figure 1 A indique l'emplacement des 7 zones de prélèvements visitées dans le Léman entre 1982 et 1998. En 1998, c'est la zone 5, située sur la rive nord-ouest du Grand Lac (entre Buchillon et Morges) à une profondeur moyenne de 150 m, qui a été étudiée en détail. Cette zone 5 a été choisie pour suivre l'évolution des vers à 150 m de profondeur, de préférence à la zone 3 étudiée en 1990 et 1993, pour deux raisons. Tout d'abord, du fait de sa localisation, la zone 5 peut facilement être comparée à la zone 4, visitée en 1991 et 1996 à 40 m de profondeur. Ensuite la zone 5 est moins exposée aux apports de l'Aubonne qui tendent à s'accumuler dans la partie nord de la zone 3; de ce fait, la zone 5 reflète mieux l'évolution à long terme du lac lui-même que la zone 3, davantage influencée par les apports externes.

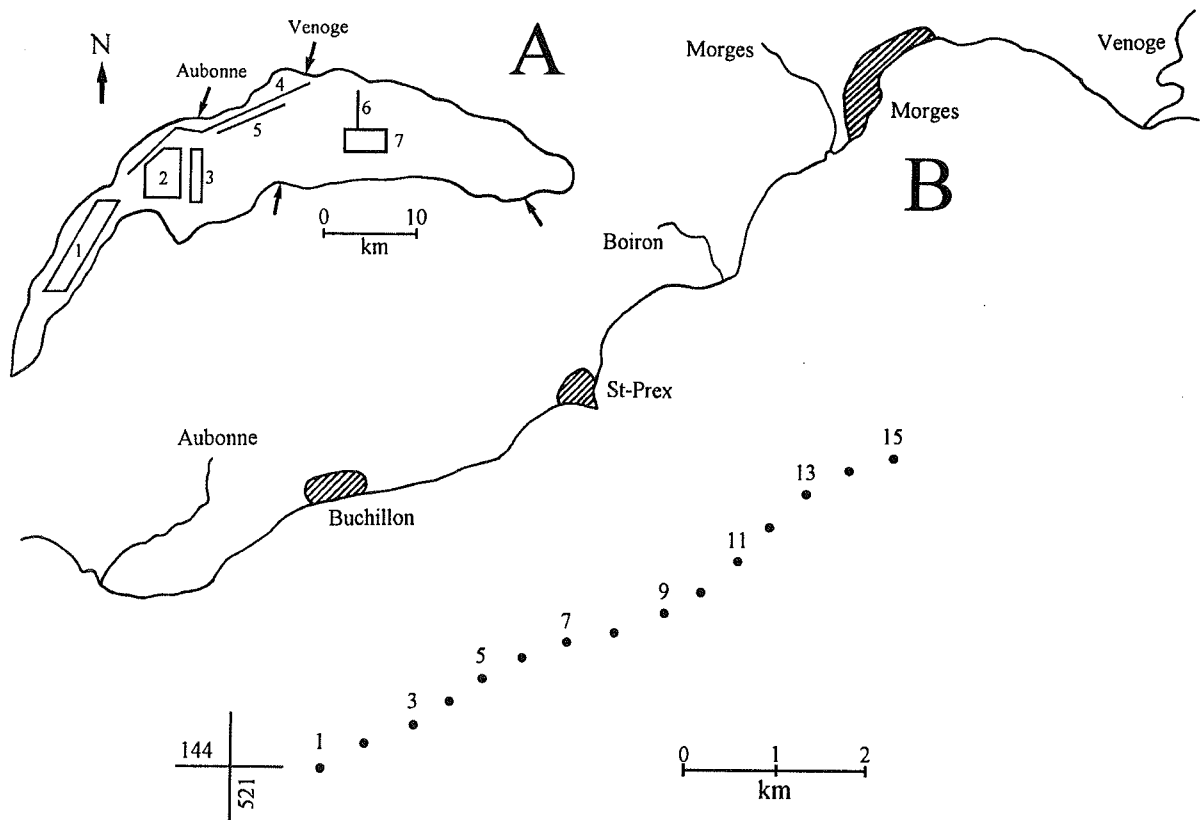


Figure 1 : A Localisation des 7 zones (numéros 1 - 7) étudiées dans le Léman entre 1982 et 1998. Zone 1 (Petit Lac), visitée en 1994 (profondeur des prélèvements : 40 - 75 m); zone 2 (Grand Lac), visitée en 1995 (profondeur : 48 - 162 m); zone 3 visitée en 1983, 1988, 1990, 1993 (150 m); zone 4 visitée en 1982, 1991, 1996 (40 m); zone 5 visitée en 1998 (150 m); zone 6 visitée en 1996, 1997, 1998 (185 - 300 m), zone 7 visitée en 1978, 1983 (300 - 309 m).

B Localisation des 15 stations (numéros 1 - 15) visitées en 1998 à 150 m de profondeur dans la zone 5.

Dans la zone 5, 15 stations de prélèvement, distantes d'environ 500 m les unes des autres, ont été visitées à 6 reprises entre le 26 mai et le 8 juin (figure 1 B). Au cours de chaque visite, deux carottes de sédiments (30 cm de long, 16 cm<sup>2</sup> chacune) ont été prises simultanément (à 18 cm l'une de l'autre) dans chacune des 15 stations mentionnées ci-dessus. Le prélèvement s'effectue au moyen d'un carottier descendu depuis la surface à l'extrémité d'un câble. En tout ce sont 180 carottes de sédiment qui ont été ainsi prises : soit 6 doubles carottes dans chacune des 15 stations. En laboratoire, le sédiment est tamisé (vide de maille 0.2 mm) et le refus du tamis est conservé dans une solution de formol à 8 %. Les vers (tubificidés et lumbriculidés) et les larves de chironomides présents dans le refus du tamis sont ensuite collectés au moyen de fines brucelles. Cette collecte s'effectue dans une cuvette à fond blanc, examinée sous une loupe. Les vers dont le diamètre dépasse 0.29 mm et toutes les larves de chironomides sont ensuite montés entre lame et lamelle dans un milieu approprié (REYMOND, 1994) afin d'être identifiés jusqu'au niveau du genre ou de l'espèce. Les vers de petite taille (c'est-à-dire les jeunes individus récemment éclos) ne sont pas identifiés car leur abondance, contrairement à celle des adultes, varie fortement en fonction de la saison, ce qui peut masquer la tendance à long terme (LANG, 1998). Enfin 12 carottes de sédiment, dépourvues de faune à cause d'un mauvais fonctionnement du carottier, ne sont pas incluses dans l'analyse des résultats.

Les espèces de vers sont ensuite séparées en trois catégories d'après leur valeur indicatrice (tableau 1). L'abondance relative des espèces oligotrophes est calculée en rapportant, sous forme de pourcentage, le nombre d'individus appartenant à ces espèces au nombre total de vers adultes présents dans chaque prélèvement.

TABLEAU 1 - Valeur indicatrice des principales espèces de vers du Léman (LANG, 1990) et fréquence (% en valeur arrondie) de ces espèces à 40 m (en 1996, 170 prélèvements) et à 150 m de profondeur (en 1998, 168 prélèvements). La fréquence correspond au pourcentage des prélèvements dans lesquels une espèce est présente

		Indique une tendance					
		Oligotrophe		Mésotrophe		Eutrophe	
Numéro	Espèce	40 m	150 m	40 m	150 m	40 m	150 m
1	<i>Bythonomus lemani</i> Grube	21 <sup>a)</sup>	0				
2	<i>Spirosperma velutinus</i> (Grube)	72	7				
3	<i>Bichaeta sanguinea</i> Bretscher	8	5				
4	<i>Stylogdrilus heringianus</i> Claparède	52	66				
5	<i>Potamothrix vej dovskyi</i> (Hrabe)			49	77		
6	<i>Spirosperma ferox</i> (Eisen)			22	2		
7	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube)			38	0		
8	<i>Potamothrix moldaviensis</i> (Vejdovsky, Mrazek)			6	0		
9	<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill)						
10	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède)					41	33 <sup>b)</sup>
11	<i>Potamothrix hammoniensis</i>						
12	<i>Potamothrix heuscheri</i> (Bretscher)						
13	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller)					64	59 <sup>c)</sup>

a) Espèce présente dans 21% des prélèvements

b) Fréquence des espèces 9 et 10 cumulées, espèce 10 la plus fréquente

c) Fréquence des espèces 10 à 13 cumulées, espèce 12 la plus fréquente.

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 prélèvement 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.

L'abondance relative moyenne des espèces de vers oligotrophes peut être calculée à partir des concentrations en phosphore observées dans l'eau des lacs (LANG, 1990). La concentration moyenne en phosphore total (TP) observée dans l'eau (0 - 100 m) du Léman pour les 5 années (1993 - 1997) précédant le prélèvement des vers en 1998 est de 29.2 mg/m<sup>3</sup> (BLANC et al., 1998). L'abondance relative (%) moyenne des espèces de vers oligotrophes (ACEO) est calculée à partir de cette concentration au moyen de l'équation suivante (LANG, 1990) :

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

Si les abondances des espèces observées sont proches de 35.2 %, la valeur empirique de ACEO ainsi calculée cela signifie que la restauration du sédiment suit celle de l'eau avec un décalage de temps qui n'excède pas 5 ans. Si les valeurs observées sont inférieures à la valeur calculée, cela veut dire que la restauration des sédiments est très retardée par rapport à celle de l'eau.

### 3. RÉSULTATS

Les larves de chironomides ne sont présentes que dans 12.5 % des 168 prélèvements de sédiment effectués en 1998 à 150 m de profondeur. Sur les 4 genres identifiés - *Micropsectra* (présent dans 7.7 % des prélèvements), *Paracladopelma* (1.2 %), *Tanytarsus* (0.6 %) et *Procladius* (3.0 %) - seuls les deux premiers sont indicateurs de conditions oligotrophes. Cependant, vu la rareté des chironomides dans la zone étudiée, leur valeur diagnostique, contrairement à celle des vers, reste faible.

En ce qui concerne les vers (tubificidés et lumbriculidés), les espèces indicatrices de conditions oligotrophes (tableau 1) sont présentes dans 68.5 % des prélèvements et leur abondance relative moyenne s'élève à 29.9 % en 1998. Cependant, l'abondance observée reste inférieure à 35.2 %, la valeur calculée à partir des concentrations en phosphore dans l'eau (voir § 2 "Stations et méthodes"). En d'autres termes, la restauration du sédiment est en retard par rapport à celle de l'eau.

Dans les 15 stations étudiées en 1998 (figure 2), l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes varie entre un minimum de 17.3 % et un maximum de 39.3 %. Toutefois, les différences observées entre les stations ne sont pas significatives (analyse de variance, P = 0.551). La zone étudiée en 1998 peut donc être considérée comme relativement homogène du point de vue de l'abondance relative des espèces indicatrices.

Afin d'analyser l'évolution à long terme des communautés de vers à 150 m de profondeur, les résultats obtenus en 1998, dans l'ensemble de la zone 5 sont comparés à ceux enregistrés dans la zone 3 en 1990 et 1993 (figure 3). L'abondance relative moyenne des espèces de vers oligotrophes passe de 24.5 % en 1990 à 29.9 % en 1998. La valeur mesurée en 1998 est significativement supérieure à celles enregistrées en 1990 et 1993 qui sont semblables entre elles (test de comparaison multiple de Scheffé).

Les abondances observées entre 1990 et 1998 à 150 m de profondeur se rapprochent graduellement de 35 %, la valeur moyenne caractéristique d'un lac mésotrophe (voir § 2 "Stations et méthodes"). Par contraste, les valeurs pour 1978 et 1983 (tableau 2) étaient celles observées dans un lac méso-eutrophe.

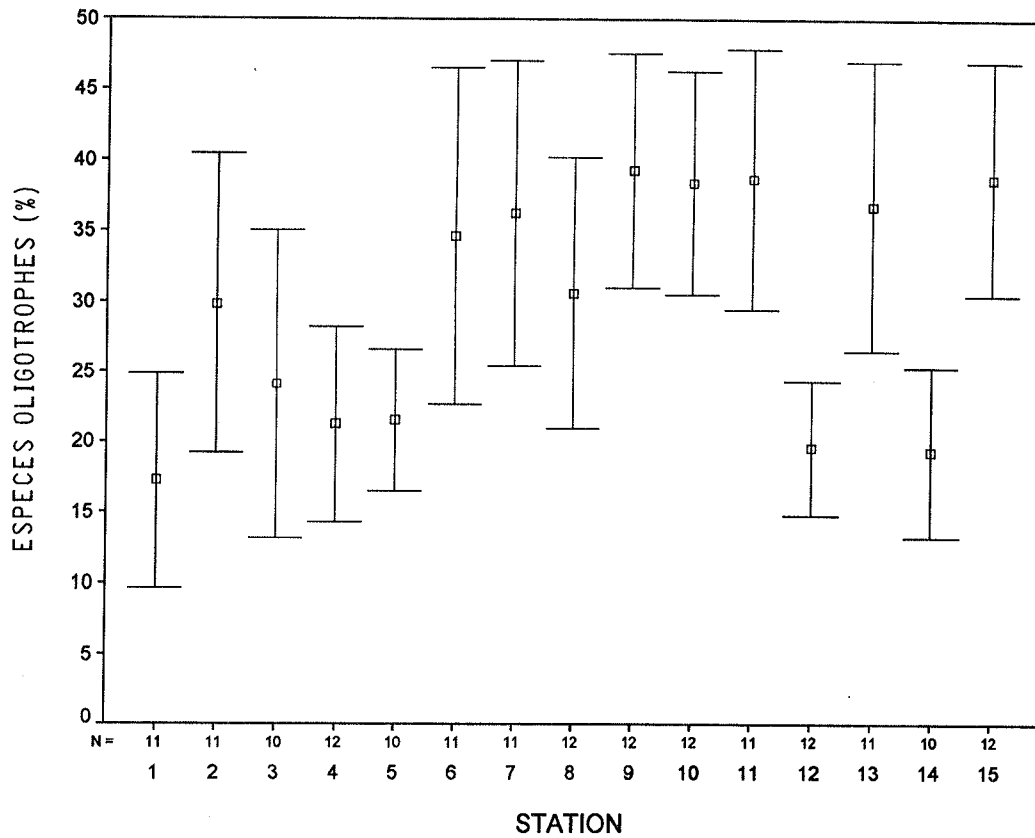


Figure 2 : Abondance relative moyenne (%) des espèces de vers oligotrophes dans chacune des 15 stations étudiées en 1998 (Fig. 1B). Les lignes de part et d'autre de la moyenne (carré) indiquent la valeur de l'écart-type. N = nombre de prélèvements de 16 cm<sup>2</sup> effectués dans chaque station

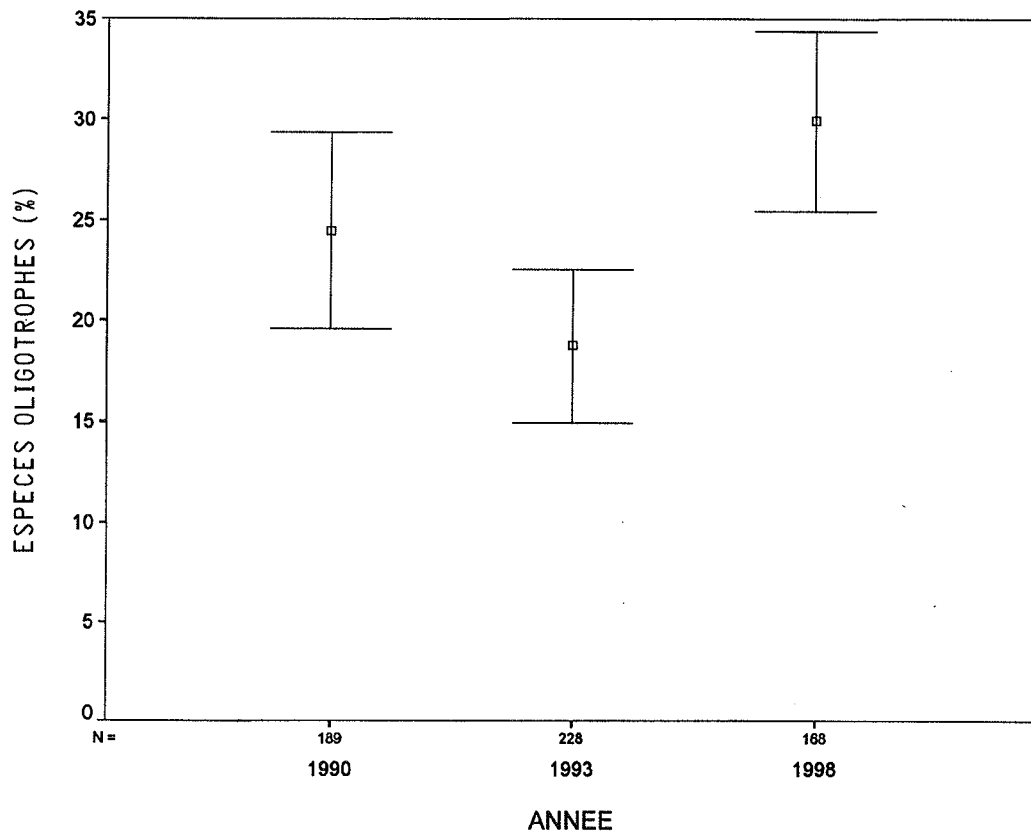


Figure 3 : Evolution de l'abondance relative moyenne (%) des espèces de vers oligotrophes entre 1990 et 1998 à 150 m de profondeur (légende, voir Fig. 2)

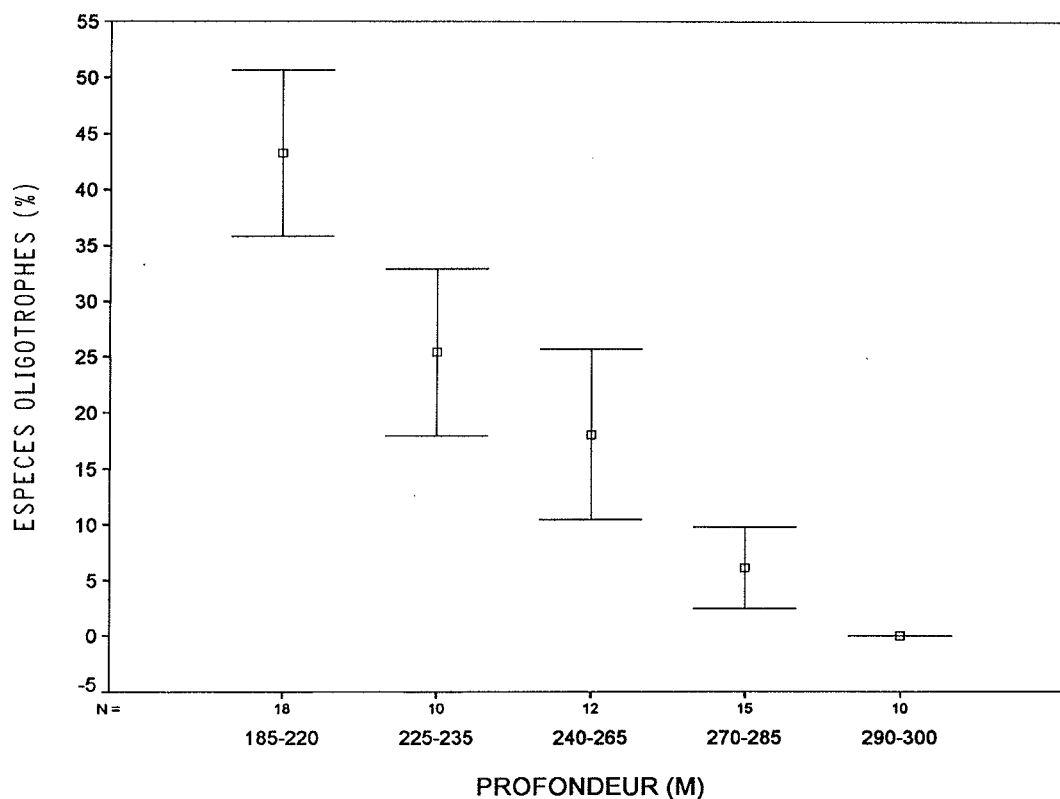


Figure 4 : Evolution de l'abondance relative moyenne (%) des espèces de vers oligotrophes en fonction de la profondeur (résultats 1996, 1997, 1998 cumulés)

#### 4. DISCUSSION

##### 4.1 Effets de la profondeur

L'augmentation de l'abondance relative moyenne des espèces de vers oligotrophes montre que l'état biologique des sédiments s'est amélioré entre 1990 et 1998 à 150 m de profondeur (figure 3). Toutefois, l'abondance observée en 1998 (30 %) reste inférieure à 35 %, la valeur empirique calculée à partir des concentrations en phosphore dans l'eau du lac. De plus, la valeur observée en 1998 dans la zone 5 est également inférieure aux valeurs mesurées en 1991 et en 1996 à 40 m de profondeur dans la zone 4 : 41 % et 45 % respectivement (tableau 2). En d'autres termes, plus la profondeur est grande, plus la restauration des sédiments altérés est lente.

Cette tendance est particulièrement évidente dans la zone la plus profonde du Léman (290 m - 390 m) qui n'est peuplée entre 1996 et 1998 (LANG, 1998 b, résultats inédits) que par des espèces très résistantes au manque d'oxygène, caractéristique des lacs eutrophes où elles sont les seules présentes dans la zone profonde (tableau 1 : les 3 dernières espèces).

En 1963 au contraire, les espèces indicatrices de conditions oligotrophes constituaient encore le 59 % des communautés de vers présentes à 309 m de profondeur (JUGET, 1967). Cette valeur constitue d'ailleurs une référence qui, lorsqu'elle sera atteinte, montrera que le Léman dans son ensemble est revenu à un état proche de celui du début des années soixante. La figure 4 illustre le chemin qui reste à parcourir pour que l'état de la zone située entre 290 m et 300 m de profondeur redevienne celui de la zone localisée entre 185 m et 220 m. Ces résultats ont été obtenus à partir du sous-marin F.-A. FOREL qui constitue un excellent moyen d'étude des sédiments profonds (LANG, 1998b, résultats non publiés).

TABLEAU 2 - Evolution de l'abondance relative (%) moyenne des espèces de vers oligotrophes dans le Léman entre 1963 et 1998 à différentes profondeurs. Source : LANG, 1998a, cette étude et résultats inédits. ACEO : abondance des espèces oligotrophes calculée à partir des concentrations en phosphore (voir § 2 "Stations et méthodes")

Année	Zone (Fig. 1)	ACEO	Abondance en fonction de la profondeur					
			40 m	150 m	300 m	60 m	100 m	240 m
1963	7	49.8			59.0			
1976	7	12.8			0			
1977	4	13.2	15.3					
1978	3, 7	12.4		8.6	0			
1982	4	8.8	16.9					
1983	3, 7	8.6		9.5	0			
1988	3	12.6		21.4				
1990	3	16.4		24.5				
1991	4	19.3	41.3					
1993	3	25.8		18.7				
1994	1	28.2				16.8		
1995	2	30.0					22.0	
1996	4, 6	32.2	44.6		0			27.5 <sup>a)</sup>
1997	6	33.5			0			
1998	5, 6	35.2		29.9	0			

<sup>a)</sup> Valeur moyenne de 24 prélèvements effectués entre 185 m et 300 m de profondeur.

Pour que ce niveau de référence soit à nouveau atteint, il faudra d'abord que les concentrations en oxygène mesurées dans l'eau (1 m au dessus du fond) ne descendent plus en dessous de 4 mg/l, contrairement à ce qui s'est encore observé en 1997 (BLANC, 1998). Il faudra ensuite que l'oxygène redevienne suffisamment abondant au niveau de l'interface eau-sédiment. C'est en effet à ce niveau que respirent les vers. Le premier signe d'une restauration de l'interface sera la disparition des tapis blancs que la bactérie *Beggiatoa* constitue à la surface des sédiments profonds (LANG, 1998 b).

Le tableau 2 résume l'évolution du Léman entre 1982 et 1998 au niveau de la biologie des sédiments. Les variations de l'abondance relative des espèces oligotrophes indiquent la tendance suivante. Les communautés de vers qui étaient celles d'un lac méso-eutrophe ou même eutrophe au début des années 80, sont devenues celles d'un lac mésotrophe à la fin des années 90. Cette évolution qui concerne surtout les zones situées à 40 m de profondeur et, dans une moindre mesure celles localisées à 150 m de fond, ne touche pas encore la zone la plus profonde (300 - 309 m) où les communautés restent celles d'un lac eutrophe. La comparaison, entre les valeurs calculées et observées de l'abondance relative moyenne des espèces oligotrophes, montre clairement la différence qui existe entre la vitesse de la restauration biologique à 40 m et à 150 m de profondeur. Dans le premier cas, les valeurs observées sont supérieures aux valeurs calculées : dans le deuxième cas, c'est la situation inverse qui prévaut.

## 4.2 Stratégies de prélèvement

Les résultats décrits dans le tableau 2 ont été obtenus sur la base d'une stratégie dont les étapes peuvent se résumer ainsi : choisir des zones relativement homogènes du point de vue profondeur, y effectuer 200 prélèvements de sédiment à une saison favorable, répéter l'opération à un intervalle de temps d'environ 5 ans de manière à disposer d'un recul suffisant pour mettre en évidence l'évolution à long terme de la zone étudiée.

Remarquons d'abord que toutes les zones étudiées entre 1982 et 1998 se situent dans la partie ouest du Léman (figure 1 A). Cette région a été choisie sur la base d'études générales, entreprises entre 1978 et 1983 (LANG, 1985), comme la plus favorable pour suivre l'évolution à long terme du lac. Elle est, en effet, moins influencée que la région orientale par les apports du Rhône.

Signalons également, qu'au sein de la région ouest, le Petit Lac doit être considéré comme une entité distincte du point de vue de la faune des sédiments. Il est en effet subdivisé en trois cuvettes peu profondes (70 - 76 m au maximum). Du fait de cette topographie, les apports organiques tendent à s'accumuler entre 40 m et 76 m de profondeur, dans la zone où la pente du fond diminue ("*focusing*"). Dans le Grand Lac au contraire, les apports coulent plus en profondeur. En raison de ces conditions particulières, les espèces oligotrophes ne constituent que le 17 % des communautés de vers dans la zone profonde (40 - 76 m) du Petit Lac en 1994. Cette valeur est voisine de celle observée (19 %) dans le Grand Lac en 1993 à 150 m de profondeur (tableau 2).

Une fois la zone d'étude choisie, le nombre de prélèvements en général effectués dans celle-ci (environ 200) résulte d'un compromis entre la nécessité de ne pas perdre trop de temps à analyser le matériel récolté et celle de disposer de résultats représentatifs. En terme de temps d'analyse, le compromis adopté est tout à fait acceptable. Mais il devient difficile de détecter une variation significative de l'abondance des espèces oligotrophes lorsque les différences d'abondance entre deux campagnes deviennent faibles, comme c'est le cas à 40 m de profondeur entre 1991 et 1996 (tableau 2).

Il existe deux solutions à ce problème : soit augmenter le nombre de prélèvements, soit accroître l'intervalle de temps entre deux campagnes successives, en passant de 5 ans à 8 ou 10 ans. De cette façon, les communautés de vers disposent de plus de temps pour manifester une réponse à la baisse des concentrations en phosphore. Dans l'optique d'une surveillance biologique à long terme, la deuxième solution semble la meilleure. Sur le plan pratique, la prochaine campagne de prélèvements à 40 m de profondeur devrait donc plutôt s'effectuer en 2004 (8 ans après celle de 1996) qu'en 2001.

## 5. COMPARAISON AVEC D'AUTRES LACS

La réponse des communautés de vers à la baisse des concentrations en phosphore n'est pas la même dans le lac de Neuchâtel et dans le lac de Constance que dans le Léman. Dans le premier lac, l'abondance relative des espèces de vers indicatrices de conditions oligotrophes à 40 m de profondeur passe de 16 % en 1984 à 33 % en 1992, puis décroît à 11 % en 1997 (LANG, 1999). Cependant, cette baisse ne correspond pas à une détérioration de l'état du lac, mais plutôt à un changement du groupe indicateur favorisé par l'évolution du lac : les chironomides remplacent les vers. En effet, si l'abondance des larves de chironomides et celle des vers caractéristiques de conditions oligotrophes sont combinées, les valeurs obtenues sont respectivement de 41 % en 1992 et de 35 % en 1997, soit une différence qui n'est pas significative. Ce résultat montre qu'il ne faut pas négliger les chironomides comme groupe indicateur, sous peine de poser un diagnostic erroné sur l'état d'un lac.

Le lac de Constance est à bien des égards très semblable au Léman, notamment en terme de morphologie et d'évolution des concentrations en phosphore. C'est ce qui rend d'autant plus surprenante la réponse de ses communautés de vers à la baisse du phosphore qui est d'ailleurs plus accentuée que dans le Léman. Les vers ont été étudiés entre 1992 et 1994 sur une transversale allant de la rive allemande à la rive suisse (WAGNER et al., 1998); cinq stations de prélèvements situées à 50 m, 100 m, 250 m, 100 m et 50 m de profondeur ont été visitées. Le fait étonnant, c'est qu'aucune espèce indicatrice de conditions oligotrophes n'a été récoltée au cours de cette étude ! Pourtant l'espèce *Stylodrilus heringianus* a été signalée dans ce lac les années précédentes. D'après les critères utilisés dans le Léman, la faune des sédiments profonds du lac de Constance est celle d'un lac eutrophe.



Ce résultat surprenant peut s'expliquer de deux façons :

- 1) pour une raison qui reste à déterminer, les communautés de vers du lac de Constance ont été beaucoup plus affectées par l'augmentation de l'eutrophisation que celles du Léman si bien que les espèces oligotrophes ont été pratiquement éliminées de la zone profonde;
- 2) la zone étudiée, trop limitée dans l'espace, n'est pas représentative de la situation générale du lac.

Ce type de zone défavorable se rencontre également dans le Léman. C'est pour cette raison que les prélèvements y sont dispersés sur une grande surface de manière à ce que le diagnostic ne soit pas biaisé par l'influence de conditions locales particulières.

Ces deux exemples montrent que l'emploi des communautés benthiques pour évaluer l'état d'un lac peut poser des problèmes. Il convient donc de ne rien négliger dans l'interprétation des résultats. Par exemple, toutes les espèces oligotrophes utilisées comme indicateurs dans cette étude n'ont pas la même sensibilité : *Spirosperma velutinus* est beaucoup plus sensible que *Stylodrilus heringianus* vis-à-vis d'une dégradation du milieu. C'est pour cette raison que la première espèce citée est présente dans 72 % des prélèvements à 40 m de profondeur, mais seulement dans 7 % d'entre eux à 150 m (tableau 1) alors qu'elle était abondante à 309 m de profondeur en 1963 (JUGET, 1967). Si l'état du Léman continue de s'améliorer, c'est peut-être *Spirosperma velutinus* qui deviendra l'indicateur le plus approprié.

## 6. CONCLUSIONS

Les changements intervenus dans la composition des communautés de vers présentes à 150 m de profondeur indiquent clairement que l'état biologique des sédiments s'est amélioré entre 1990 et 1998 en réponse à la baisse des concentrations en phosphore dans l'eau du Léman. Toutefois l'amélioration observée en 1998 à 150 m de profondeur est moins accentuée que celle enregistrée en 1996 à 40 m. Plus la profondeur est grande, plus la restauration des sédiments altérés prend du temps.

Les résultats obtenus entre 1982 et 1998 dans différentes zones montrent que les communautés de vers constituent un bon indicateur de l'évolution du Léman. Il serait donc souhaitable d'inclure l'étude de ces organismes dans le programme d'auscultation de la CIPEL.

## REMERCIEMENTS

Luc JACQUEMETTAZ, garde-pêche permanent, m'a aidé à effectuer les prélèvements nécessaires à cette étude. Les remarques de l'équipe du bureau ETEC et celles de Claude CORVI m'ont permis d'améliorer ce texte.

**BIBLIOGRAPHIE**

- BAINES, S.T. et PACE, M. (1994) : Relationships between suspended particulate matter and sinking flux along a trophic gradient and implication for the fate of planktonic primary production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 25-36.
- BLANC, P. (1998) : Evaluation de l'étendue de la zone désoxygénée dans la plaine centrale du Grand Lac, en automne 1997. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997*, 61-66.
- BLANC, P., CORVI, C., KHIM-HEANG, S. et RAPIN, F. (1998) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman, campagne 1997. *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997*, 33-59.
- JUGET, J. (1967) : La faune benthique du Léman : modalités et déterminisme écologiques du peuplement. Thèse No 466, Université de Lyon, 360 pp.
- LANG, C. (1985) : Eutrophication of Lake Geneva indicated by the oligochaete communities of the profundal. *Hydrobiologia*, 126, 237-243.
- LANG, C. (1990) : Quantitative relationships between oligochaete communities and phosphorus concentrations in lakes. *Freshwat. Biol.*, 24, 327-334.
- LANG, C. (1998a) : Using oligochaetes to monitor the decrease of eutrophication : the 1982 - 1996 trend in Lake Geneva. *Arch Hydrobiol.*, 141, 447-458.
- LANG, C. (1998b) : Using a submarine to monitor the biological recovery of deep sediments in Lake Geneva (Switzerland). *Rev. suisse Zool.*, 105, 81-88.
- LANG, C. (1999) : Contrasted responses of oligochaetes and chironomids to the abatement of eutrophication in Lake Neuchâtel. *Aquatic Sciences*.
- REYMOND, O. (1994) : Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes : une méthode simple. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 83, 1-3.
- WAGNER, B., SCHRÖDER, H.G., GÜDE, H., SANZIN, W. et ENGLER, U. (1998) : Zustand des Seebodens 1992 - 1994, Sedimentinventare - Phosphor - Oligochaeten. *Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee* 47.