

NOTE TECHNIQUE

UN INDICE BIOLOGIQUE LACUSTRE BASÉ SUR L'EXAMEN DES PEUPELEMENTS DE MOLLUSQUES.

J. MOUTHON

CEMAGREF, 3 bis quai Chauveau, 69336 LYON Cedex 09.

RÉSUMÉ

Les mollusques (limnées et pisidies) sont potentiellement capables de coloniser la zone profonde des systèmes lacustres. Lorsque le milieu se dégrade (installation puis développement de conditions hypoxiques au niveau de son hypolimnion et accumulation de matière organique dans ses sédiments profonds) on observe une diminution de plus en plus importante de l'amplitude bathymétrique des espèces, ainsi qu'une disparition progressive ordonnée de la zone profonde à la zone littorale des Gastéropodes puis des pisidies (Bivalves).

Dans ce processus de simplification croissante des malacocénoses, différents états ont été reconnus. A partir de ces observations, un tableau de détermination d'un indice malacologique de qualité des systèmes lacustres (IMOL), variant de 0 à 8 est proposé. Le calcul de l'indice est effectué à partir de la détermination des genres et du critère présence-absence.

Un protocole d'échantillonnage standard des zones profonde, sublittorale et littorale permet d'obtenir le matériel biologique nécessaire à la mise en œuvre de cette méthode.

Cet indice qui vise à définir d'une manière simple et rapide l'état biologique global d'un lac s'applique aux milieux de petites dimensions ($S \leq 500$ hect.), de profondeur maximale supérieure à 10 m et d'altitude ne dépassant guère 1000 m. Toutefois, une extension de cette technique aux milieux profonds de grandes dimensions (lac Léman, Bourget, ...) d'une part et aux plans d'eau apparentés aux étangs d'autre part est envisageable. Les résultats obtenus pour une trentaine de lacs sont présentés.

Mots-clés : indice biologique, mollusques, lacs.

AN ENVIRONMENTAL INDEX BASED ON LACUSTRINE MOLLUSCA.

SUMMARY

Lymnaea and small mussels can live in the profundal zone of lakes. However, as the unfavourable conditions build up (increase of dissolved O_2 deficit in the hypolimnion and accumulation of organic matter in deep sediments), we observe progressive decrease in bathymetric distribution of molluscs and a progressive disappearance of *Gastropoda* then small mussels in the profundal, sublittoral then littoral zones.

In this pattern of increasing simplification of mollusc populations several states were observed. An index of lake quality (IMOL) ranging from 0 to 8 is proposed from these observations. Only presence-absence and generic criteria are used to determine the index.

The purpose of the index is to assess easily and quickly the biological quality of lakes having a relatively small area (≤ 500 hect.), with depth greater than 10 metres ($Z_{max} > 10$ m) and situated at an altitude not exceeding 1000 metres. However, the use of this index for larger deep lakes on the one hand and for very shallow lakes or ponds on the other hand is discussed. Data obtained for thirty lakes are presented.

Key-words : environmental index, lakes, mollusca.

1. FONDEMENTS ÉCOLOGIQUES

Les données anciennes pouvant servir de référence sur la distribution des espèces de mollusques des systèmes lacustres ne sont pas très nombreuses. Dans chaque cas, la confrontation de ces inventaires aux relevés actuels met en évidence une simplification de la composition des malacocénoses (CARR & HILTUNEN, 1965 ; HARMANN & FORNEY, 1970 ; RUGGIU & SARACENI, 1972 ; GIROD & BIANCHI, 1977 ; GIROD & KUIPER, 1977 ; KANSANEN & AHO, 1981 ; CROZET, 1982 ; MOUTHON, 1987a).

De l'analyse de ces références et de nos propres relevés réalisés sur plus de trente lacs, 3 observations générales ont pu être dégagées :

— *Lymnaea peregra* et deux espèces de pisidies : *Pisidium conventus* et *P. personatum*, sont potentiellement capables de coloniser la zone profonde des systèmes lacustres. Hormis ces mollusques, différentes espèces de Gastéropodes et de Bivalves peuvent également pénétrer plus ou moins profondément dans la zone sublittorale des lacs (Fig. 1) ;

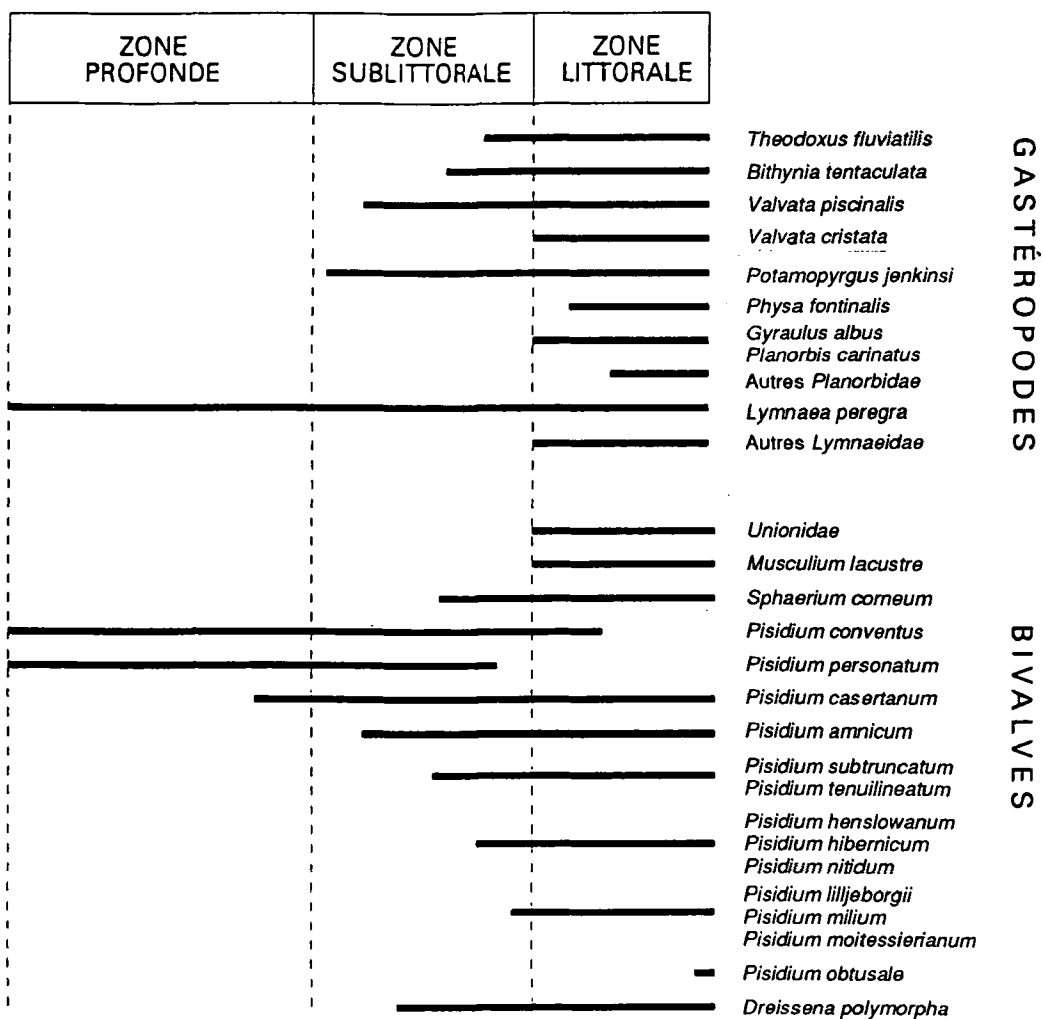


Figure 1 : Distribution bathymétrique des principales espèces de Mollusques dans un système lacustre théorique (d'après FAVRE 1927, 1940 ; CROZET, 1982 ; MOUTHON, 1987a ; MOUTHON & KUIPER, 1987c).

Figure 1 : Depth distribution of mollusc species in a theoretical lacustrine ecosystem (after FAVRE 1927, 1940 ; CROZET, 1982 ; MOUTHON, 1987a ; MOUTHON & KUIPER, 1987c).

— lorsque les conditions se dégradent, on assiste à une diminution de plus en plus accentuée de l'amplitude bathymétrique des mollusques puis à la disparition ordonnée de certaines espèces ;

— dans ce dernier cas, les Gastéropodes disparaissent des zones profonde et sublittorale bien avant les pisidies. En revanche, dans la frange supérieure de la zone littorale les pisidies apparaissent plus sensibles que les Gastéropodes (MOUTHON, 1987b).

A partir de ces observations, une hiérarchisation de 7 situations successives a pu être proposée (MOUTHON 1987b). Ces différents états représentent l'évolution des peuplements d'un système lacustre très favorable à un milieu de moins en moins apte au développement des mollusques. Le passage d'un stade théorique à un autre correspondant à une diminution de l'amplitude bathymétrique des espèces et à une simplification croissante des peuplements.

Une recherche des causes naturelles ou provoquées de ces différentes situations a été réalisée à l'aide de descripteurs synthétiques de la masse d'eau et du sédiment (MOUTHON, 1992 a, b). Ces travaux ont mis en évidence :

— le rôle des concentrations en oxygène dissous de la masse d'eau et des teneurs en matière organique des sédiments dans la distribution des malacocénoses lacustres ;

— l'existence d'exigences écologiques propres aux Gastéropodes et aux Bivalves en fonction de la profondeur ;

— le rôle du mode de fonctionnement d'un lac sur la composition de ses peuplements profonds mais également sublittoraux et littoraux.

Traduisant le maintien d'une oxygénation suffisante de l'hypolimnion permettant la minéralisation de la matière organique, l'aptitude d'un écosystème à héberger des mollusques dans sa zone profonde peut être considérée comme une expression globale de sa qualité.

A partir de ces fondements, une méthode de détermination d'un indice malacologique de qualité générale des lacs est proposée, ainsi que les résultats de son application à une trentaine de milieux appartenant à différentes régions françaises : Massif-Central, Vosges, Jura, zone périalpine ; altitude, profondeur maximale et superficie de ces plans d'eau figurent dans le tableau I. Comme l'indice lacustre basé sur les peuplements d'oligochètes (LAFONT *et al.*, 1991), il vise à définir d'une manière simple et rapide l'état biologique d'un lac.

Tableau I : Liste des milieux lacustres prospectés.

Table I : Geographical situations of the 31 lakes sampled.

Lacs	Altitude	Profondeur maximale (m)	Superficie (hect.)
JURA			
Lamoura	1152	9	3,5
Les Rousses	1059	18,2	89,8
Abbaye	879	19,5	92,45
Rémoray	850	27,6	95,3
St Point	849	40,3	398,2
Antre	824	4	7,25
Bonlieu	803	16	17,36
Grand Etival	790	9,5	16
Petit Etival	790	7,5	4
Grand Maclu	779	25,8	24,4
Petit Maclu	779	11,5	6,4
Ilay	778	30	72,6
Narlay	750	40	41,6
Sylans	584	18	49,7
Petit Clairvaux	535	16	17,39
Grand Clairvaux	534	20	63,46
Val	522	24,5	49
Chalain	500	34	231,8
Nantua	478	43	141

Suite du tableau I

Lacs	Altitude	Profondeur maximale (m)	Superficie (hect.)
VOÛGES			
Lac Vert	1044	21	7
Lispach	905	10	≈3
Lac des Corbeaux	900	23	9,2
Longemer	750	30	76,2
Gérardmer	660	36	115,5
ZONE PÉRIALPINE			
Pierre-Chatel	934	10	100,31
Petitchet	930	19	86
Laffrey	911	39	126,9
Léman (secteur : Nernier, Thonon, Sciez, Yvoire)	372	309	582,4 km ²
Le Bourget	231,5	145	4462
MASSIF-CENTRAL			
Aydat	825	15,15	60,31

2. PROTOCOLE MÉTHODOLOGIQUE

2.1. L'échantillonnage

L'échantillonnage est réalisé au cours d'une seule campagne pendant la période estivale durant laquelle le développement des mollusques est optimal.

En raison du caractère épibenthique des Gastéropodes et de la prédominance des pisidies dans les 5 ou 10 premiers centimètres du sédiment (BERG 1938), les prélèvements sont effectués à l'aide d'une benne Friedinger ($S \approx 350 \text{ cm}^2$) dans la strate superficielle du sédiment.

— choix des isobathes

Afin d'estimer la capacité des mollusques à coloniser un système lacustre, les prélèvements sont réalisés à trois hauteurs d'eau différentes :

- dans les fonds du lac, en excluant le point le plus profond (Z_{\max}) où l'aggravation du déficit en oxygène dissous et l'installation de conditions hypoxiques sont fréquemment liées à la morphologie particulière de la cuvette. Afin d'éviter ces phénomènes peu représentatifs du système, nous avons arbitrairement retenu pour cette zone la profondeur $Z_1 = 9/10 Z_{\max}$;

- dans la zone sublittorale, au voisinage de la thermocline d'été. Pour les lacs de petites tailles et peu profonds du Jura, des Vosges ou de la région périalpine, le "saut thermique" se produit entre 5 et 10 m. Nous avons retenu pour la zone sublittorale la profondeur $Z_2 = - 10 \text{ m}$;

- dans la zone littorale. En raison de son hétérogénéité, la partie supérieure de cette zone nécessite un échantillonnage plus important, ceci nous a conduit à ne pas la prendre en compte dans cette méthode. L'influence de l'oxygène dissous sur la distribution des mollusques dans les lacs de petite taille devenant significative dès les profondeurs 3 - 5 m (MOUTHON 1992a, b), nous avons retenu pour la zone littorale $Z_3 = - 3 \text{ m}$.

— définition du nombre d'échantillons

A chaque profondeur, l'échantillon est constitué de 3 prélèvements réalisés à la benne (soit $S \approx 1000 \text{ cm}^2$).

Pour 7 lacs dans lesquels les mollusques sont les mieux représentés, nous avons calculé, pour différentes profondeurs, le nombre moyen d'espèces récoltées dans un échantillon.

Ce chiffre est toujours voisin ou supérieur à la moitié du nombre total d'espèces recensées à chaque profondeur, au cours d'inventaires réalisés à partir de 2 ou 3 campagnes d'échantillonnage (Tableau II). Seule la zone littorale du lac de Chalain fait exception, sans doute en raison des fluctuations artificielles de son niveau liées à son exploitation hydroélectrique.

Pour l'établissement de l'indice (IMOL), deux séries de 3 prélèvements sont effectuées de part et d'autre du point le plus profond : dans le fond du lac (Z₁), au niveau des isobathes -10 (Z₂) et à -3 m (Z₃) en suivant une ligne de plus faible pente plus favorable à la colonisation des mollusques (fig. 2).

Tableau II : Comparaison, toutes campagnes confondues et pour chaque profondeur considérée, de la richesse spécifique obtenue par un échantillonnage de 3 bennes, au nombre total d'espèces récoltées dans 7 lacs.

Table II : Comparison between the species richness found in a sample comprising three PETERSEN grabs and the total number of species for a given depth.

	-3 m			-5m			-10 m			-15 m			-20 m			-25 m			-25 m		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Chalain	4 2,57 2	8 8	7	3 2,25 2	6 6	8	6 4,37 2	8 8	8	4 3,8 3	5 5	5	3 2,5 0	4 4	8 8	2 2	3 3	4 4	1,25 1,25	2 2	4 4
Grand Clairvaux	4 2,75 2	5 5	4	7 4,75 3	7 7	4	6 4,25 3	6 6	4	4 3,25 3	5 5	4									
Grand Maclu	4 3 2	6 6	4	5 3,5 2	7 7	4	2 1,75 1	2 2	4	2 1,25 1	3 3	4	1 0,75 0	1 1	4 4						
Les Rousses	8 5,8 4	9 9	5	5 3,6 3	7 7	5	6 4,25 3	6 6	4	2 2 2	2 2	3									
Rémoray	8 5,25 4	8 8	4	5 4,25 4	7 7	4	3 2,25 2	3 3	4	6 3,25 0	7 7	4									
St Point	12 8,75 6	13 13	4	8 6,5 5	10 10	4	9 6,75 5	10 10	4	4 3,5 3	6 6	4	8 5,75 3	11 11	4	5 2,75 1	5 5	4 4			
Laffrey	9 4,5 2	9 9	4	4 3,5 3	5 5	4	7 5 3	8 8	4	3 2,5 2	3 3	4	1 1 1	1 1	4 4						

1. Nombre d'espèces (maximum, moyen, minimum) échantillonnées par 3 bennes.
 2. Nombre total d'espèces échantillonnées.
 3. Nombre de points échantillonnés.

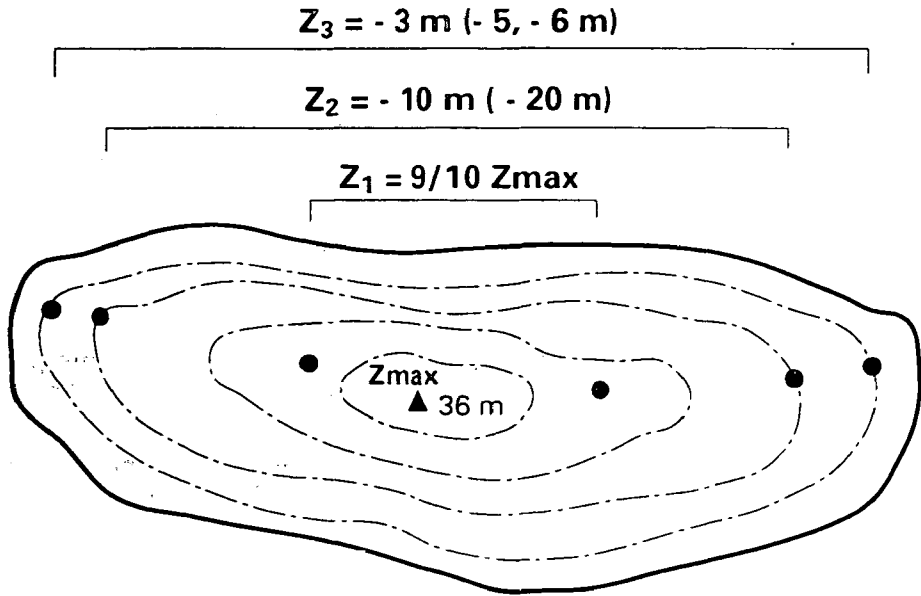


Figure 2 : Position des points d'échantillonnage.

Figure 2 : Location of the sampling sites.

2.2. Le tableau standard

Afin de caractériser les peuplements à ces différentes profondeurs, un tableau de synthèse permettant la détermination de l'indice malacologique de qualité des systèmes lacustres, IMOL a été élaboré (Tableau III).

Le choix des repères malacologiques pour chaque niveau d'échantillonnage retenu Z_1 , Z_2 , Z_3 , tient compte :

— de la distribution bathymétrique des mollusques : le nombre d'espèces décroissant rapidement avec la profondeur (Fig. 1) ;

— de la sensibilité différentielle des Gastéropodes et des Bivalves en fonction de la profondeur ;

— de la signification du nombre de taxons ; l'aptitude d'un écosystème à héberger une faune richement diversifiée étant généralement admise comme une expression globale de sa qualité.

Les critères de détermination retenus sont les suivants :

— présence-absence pour les peuplements peu diversifiés de la zone profonde (niveau Z_1) et les pisidies dont la systématique nécessite le recours à un spécialiste,

— générique pour les Gastéropodes (niveaux Z_2 et Z_3).

Ces déterminations peuvent être effectuées par le personnel technique, une clé de détermination des principaux genres de mollusques ayant été publiée par ailleurs (MOUTHON 1982).

A la lecture de ce tableau on peut constater que l'observation de mollusques dans les prélèvements de fond (niveau Z_1) rend facultatif l'échantillonnage des isobathes - 10 et - 3 m ; de même, en cas d'absence de mollusque dans la zone profonde, la constatation de leur présence à - 10 m (niveau Z_2) rend facultatif l'échantillonnage à - 3 m (Tableau III).

Tableau III : Tableau standard de détermination de l'indice IMOL.

Table III : Procédure of the determination of index IMOL.

Niveau d'échantillonnage	Repères malacologiques	Indices	Exemples (dates de prospection)
$Z_1 = 9/10 Z_{max}$	- Gastéropodes et Bivalves présents	8	Léman (1963)
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7	Bourget (1940), Longemer (1977), Grand Maclu (1983), Chalain (1984),
Absence de mollusques en Z_1			
$Z_2 = -10 \text{ m}$ (20 m) ⁽²⁾	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	6	Lac Léman (1987), Saint-Point (1978), Grand Clairvaux (1982), Laffrey (1989).
	- Un seul genre de Gastéropode présent	5	Le Bourget (1988), Rémoray (1978 et 1989), Les Rousses (1980).
	- Gastéropodes absents, pisidies présentes ⁽¹⁾	4	Gérardmer (1977), l'Abbaye (1980), Petit Clairvaux (1982), Val (1986).
Absence de mollusques en Z_2			
$Z_3 = -3 \text{ m}$ (5-6 m) ⁽²⁾	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	3	<i>Petit Maclu (1983), Antre (1984), Petit Etival (1985).</i>
	- Un seul genre de Gastéropode présent	2	<i>Grand Etival (1985)</i>
	- Gastéropodes absents, pisidies présentes ⁽¹⁾	1	Illy (1984), Narlay (1984), Aydat (1985), Bonlieu (1985), Nantua (1988), Sylans (1988), Petitchet (1989), Lamoura (1988), Pierre-Chatel (1989)
	- Absence de mollusques	0	Lac des Corbeaux (1984), Lac Vert (1985), Lispach (1984),

(1) avec plus d'un individu par échantillon de 3 bennes.

(2) proposition pour les lacs profonds de grandes dimensions.

3. RÉSULTATS

L'indice malacologique IMOL a été appliqué à une trentaine de lacs prospectés au cours de ces 13 dernières années. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau III.

Sept plans d'eau dont la profondeur est égale ou inférieure à 10 m ont également été testés par cette méthode, ils figurent en italique dans le Tableau I. L'amplitude indiciaire se trouvant réduite de 0 à 3, ces valeurs ne sont pas directement comparables aux indices obtenus pour les lacs. De plus, pour ces milieux, assimilables à des étangs, une prise en compte de la partie supérieure de la zone littorale s'avère nécessaire.

Une application de l'indice malacologique à des milieux profonds de grandes dimensions, les lacs Léman et du Bourget, a également été tentée. Pour ces systèmes nous disposons de références anciennes (FOREL, 1892-1904 ; FAVRE, 1940 ; JUGET, 1967) révélant une colonisation de leur plaine profonde par les mollusques. Grâce à des prospections récentes, les indices malacologiques actuels de ces deux lacs ont pu être calculés (MOUTHON, 1987a et CEMAGREF, 1990). Ces valeurs indiciaires ont été obtenues à partir du protocole d'échantillonnage défini précédemment. Toutefois, les mollusques n'étant plus représentés dans la zone profonde et la thermocline de ces milieux se situant bien en-dessous de 10 m, nous avons retenu comme isobathe intermédiaire $Z_2 = -20$ m.

La comparaison de ces deux séries d'indices (Tableau III) met en évidence une nette dégradation de la qualité biologique de ces deux lacs, attestée par l'installation et l'aggravation de conditions hypoxiques au niveau de leur hypolimnion (HUBAULT, 1947 ; CEMAGREF, 1984 ; MONOD *et al.*, 1984).

L'application de cette méthode aux grands systèmes apparaît donc possible après adaptation du protocole d'échantillonnage à ces milieux.

4. INTERPRÉTATIONS

D'une manière générale, les milieux qui ne présentent pas de déficit chronique de leur hypolimnion en oxygène dissous sont crédités des indices les plus élevés alors que les systèmes où règnent des conditions hypoxiques sévères, liées dans certains cas à une forte accumulation de matière organique ou à des apports d'origine anthropique, présentent les plus faibles valeurs indiciaires.

De nombreux auteurs ont montré la sensibilité des mollusques de la zone profonde des lacs aux conditions hypoxiques (THIENEMANN, 1913 ; LUNDBECK, 1926 ; VALLE, 1927 ; BERG, 1938 ; MEIER-BROOK, 1963 ...); les Gastéropodes se révélant à ce niveau encore plus exigeants que les Bivalves (pisidies) vis-à-vis des concentrations en oxygène dissous (MOUTHON, 1987a et b). L'accumulation de matières organiques dans les sédiments profonds joue également un rôle limitant dans la distribution des peuplements (MOUTHON, 1992a, b).

Le domaine d'application de cet indice couvre les lacs médio-européens de petites dimensions ($S \leq 500$ hectares), de profondeur maximum (Z_{max}) supérieure à 10 m, présentant une stratification thermique bien marquée, de basse et de moyenne altitude : les observations montrent qu'au-delà de 1200 à 1300 m, les conditions climatiques limitent le développement de nombreuses espèces de mollusques (GERMAIN, 1931 ; BOYCOTT, 1936 ; MOUTHON & KUIPER, 1987c ; ØKLAND, 1990).

La présente méthode peut s'appliquer à tous les plans d'eau de profondeur ≥ 10 m, susceptibles d'héberger des malacocénoses. Certaines conditions écologiques naturelles comme l'ultraoligotrophie, l'absence de zones littorale et sublittorale bien différenciées (certains lacs de cratère et de retenues) ne permettant pas le développement des mollusques, peuvent en limiter l'utilisation.

Les possibilités d'application de cet indice de qualité malacologique aux milieux peu profonds ($Z_{max} \leq 10$ m) et aux systèmes profonds de grandes dimensions ont été évoquées précédemment (cf. § III).

5. CONCLUSION

L'application de l'indice malacologique de qualité biologique globale (IMOL) a une trentaine de lacs de différentes régions de France, prospectés au cours de ces 13 dernières années, a permis de proposer un classement de ces milieux de 0 à 8.

Cette méthode, déjà utilisée à titre expérimental à la demande des Directions régionales de l'environnement (DIREN) Rhône-Alpes et Franche-Comté, est susceptible de fournir un

diagnostic rapide de la qualité biologique d'un système lacustre, nécessaire à sa bonne gestion. A ce titre, elle peut être utilisée lors d'inventaire du patrimoine naturel.

Par ailleurs, les résultats obtenus sont susceptibles d'apporter une contribution à l'établissement d'une méthode pratique plus générale prenant en compte d'autres groupes de macro-invertébrés également bien représentés dans les écosystèmes lacustres comme les oligochètes et les Diptères Chironomidés (VERNEAUX *et al.*, 1992), les Epheméroptères et les Trichoptères.

Elaborée dans un premier temps pour les lacs de petites dimensions ($S \leq 500$ hect.) et de faible profondeur mais supérieure à 10 m, cette méthode peut également être appliquée aux lacs profonds de grandes dimensions après adaptation du protocole d'échantillonnage et aux milieux peu profonds ($Z_{\max} < 10$ m) ; dans ce dernier cas l'amplitude de l'indice est alors plus réduite ($0 \leq \text{IMOL} \leq 3$). Toutefois, pour ces plans d'eau apparentés à des étangs, une prise en compte de la partie supérieure de la zone littorale serait susceptible d'élargir la gamme de leurs valeurs indiciaires.

6. REMERCIEMENTS

L'auteur remercie vivement Monsieur J. VERNEAUX (professeur à l'Université de Besançon) pour ses précieux conseils, Monsieur LAFONT (CEMAGREF), ainsi que Madame TAILLOLE qui a assuré la dactylographie de ce texte.

7. BIBLIOGRAPHIE

- BERG K., 1938. Studies on the bottom animals of Esrom Lake. *K. danske Vidensk. Selk. Naturv. Math. Afd.*, 8, 1-255.
- BOYCOTT A.E., 1936. The habitats of the freshwater Mollusca in Britain. *J. anim. Ecol.*, 5, 116-186.
- CARR J.F., HILTUNEN J.K., 1965. Changes in the bottom fauna of Western Lake Erie from 1930-1961. *Limnol. Oceanogr.*, 10, 551-569.
- CEMAGREF, 1984. Lac du Bourget (Savoie). Etude 1982 (Groupement de Lyon), 466 p.
- CEMAGREF, 1990. Lac du Bourget (Savoie). Etudes 1988-1989 (Groupement de Lyon), 79 p.
- CROZET B., 1982. Contribution à l'étude des communautés littorales de macroinvertébrés benthiques du Léman (Petit Lac), en relation avec leur environnement. Thèse de Dr. es Sciences biologiques, Genève, 219 p.
- FAVRE J., 1927. Les mollusques post-glaciaires et actuels du bassin de Genève. *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 40, 171-434.
- FAVRE J., 1940. La faune malacologique post-glaciaire et actuelle du lac du Bourget. *Ann. Ecole Nat. Eaux et Forêts*, 7, 294-444.
- FOREL F.A., 1892-1904. Le Léman. Monographie limnologique, 3 vol., Slatkine Reprints, Genève (1969), 543, 651 et 715 p.
- GERMAIN L., 1931. Mollusques terrestres et fluviatiles. Faune de Fr., 21-22, 893 p.
- GIROD A., BIANCHI I., 1977. La malacofauna del lago di Muzzano (Canton Ticino) dal 1845 al 1973. *Atti Soc. ital. Sci. nat. Muséo civ. stor. nat. Milano*, 118, 265-272.
- GIROD A., KUIPER J.G.J., 1977. Notes sur les Sphaeriidae du lac de Lugano. *Atti Soc. ital. sci. nat. Muséo civ. stor. nat. Milano*, 118, 293-298.
- HARMANN W.N., FORNEY J.L., 1970. Fifty years of change in the Molluscan fauna of Oneida Lake, New-York, *Limnol. Oceanogr.*, 15, 454-460.
- HUBAULT E., 1947. Etudes thermiques, chimiques et biologiques des eaux des lacs de l'Est de la France (Vosges, Jura, Alpes de Savoie). *Ann. Ecole Nat. Eaux et Forêts* 10, 115-260.
- JUGET J., 1967. La faune benthique du Léman : modalités et déterminismes écologiques du peuplement. Thèse de Dr. d'Etat es Sciences, Lyon, 360 p.

- KANSANEN P.K., AHO J., 1981. Changes in the macrozoobenthos associations of polluted lake Vanajavesi, Southern Finland, over a period of 50 years. *Ann. Zool. Fennici*, 18, 73-101.
- LAFONT M., JUGET J., ROFES G., 1991. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des oligochètes. *Revue des Sciences de l'Eau*, 4, 253-268..
- LUNDBECK J., 1926. Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 7, 1-473.
- MEIER-BROOK C., 1963. Über die Mollusken der Hochschwarzwald - und Hochvogesen Gewässer. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 28, 1-46.
- MONOD R., BLANC P., CORVI C., 1984. Evolution physico-chimique. In : Le Léman, synthèse 1957-1982. Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Lausanne, 89-120.
- MOUThON J., 1982. Les Mollusques dulcicoles. Données biologiques et écologiques. Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France. *Bull. Fr. Piscic.*, n° spécial, 27 p.
- MOUThON J., 1987a. Contribution à la connaissance des Mollusques du lac Léman. Intérêt de l'étude des malacocénoses pour apprécier la qualité biologique des sédiments de ce plan d'eau. *Revue Suisse Zool.*, 94, 729-740.
- MOUThON J., 1987b. Principes généraux pour une méthode d'appréciation de la qualité globale des sédiments lacustres à l'aide d'une analyse simplifiée des malacocénoses. *Annls Limnol.*, 22, 209-217.
- MOUThON J., KUIPER J.G.J., 1987c. Inventaire des Sphaeriidae de France. Secrétariat de la Faune et de la Flore et Mus. nat. Hist. nat. éds Paris., Fasc. 41, 60 p.
- MOUThON J., 1992a. Snails and Bivalves populations analysed in relation to physico-chemical quality of lakes in Eastern France. I - General criteria for population analyses. *Hydrobiologia*, 245, 147-156.
- MOUThON J., 1992b. Peuplements malacologiques lacustres en relation avec la physico-chimie de l'eau et des sédiments. II - Les espèces. *Annls Limnol.*, 28, 109-119.
- ÖKLAND J., 1990. Lakes and snails. Environment and Gastropoda in 1 500 Norwegian lakes, ponds and rivers. Universal Book Services/ Dr. W. Backhuys, Oegstgeest, the Netherlands., 516 p.
- RUGGIU D., SARACENI C., 1972. A statistical study of the distribution and abundance of the bottom fauna of a lake undergoing accelerate eutrophication (lake Mergozzo, N. Italy). *Memorie Ist. ital. Idrobiol.*, 29, 169-187.
- THIENEMANN A., 1913. Der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers und der Zusammensetzung der Tierfauna unserer Seen. *Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 6, 243-249.
- VALLE K.S., 1927. Ökologische - limnologische Untersuchungen über die Boden und Tiefenfauna in einigen seen nördliche vom Ladoga-see. *Acta zool. fenn.*, 4, 1-231.
- VERNEAUX J., VERNEAUX V., GUYARDA., 1992. Classification biologique de 9 lacs du Jura à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse de la macrofaune des sédiments. *Annls Limnol.*, (soumis).