

Mollusques dulcicoles et pollutions biodégradables des cours d'eau : échelle de sensibilité des espèces, genres et familles

Jacques Mouthon

La dégradation des rejets organiques polluants dans un écosystème d'eau courante, encore appelée phénomènes d'auto-épuration, s'effectue sous l'action de micro-organismes. Elle nécessite une consommation d'oxygène que l'on peut estimer par la demande biochimique en oxygène (DBO_5). Ce processus s'accompagne également d'une augmentation des concentrations en azote ammoniacal, nitrites et azote Kjeldhal, de plus ces rejets sont souvent enrichis en phosphates. Ces six variables physico-chimiques peuvent donc être considérées comme des indicateurs des pollutions organiques ou biodégradables. Toutefois, dans les situations les plus dégradées, cette charge organique s'accompagne probablement de la présence de toxiques.

L'ébauche d'une gamme de polluo-sensibilité des espèces de mollusques, définie à partir de l'indice biotique (Verneaux et Tuffery, 1967), a été proposée par Mouthon (1981a). Plus récemment, une approche globale de la sensibilité des mollusques à 11 variables physico-chimiques de l'eau nous a permis de préciser qu'en-dessous de 7 mg/l (O_2), et au-delà de 2,5 mg/l (DBO_5), 0,6 mg/l (NH_4^+), 0,3 mg/l (NO_2^-), 3 mg/l (NK), 0,3 mg/l (PO_4^{3-}), on constate une inhibition de la richesse spécifique (nombre des espèces) et de la densité des peuplements (Mouthon, 1996a).

Différentes méthodes de détermination de la qualité biologique des cours d'eau telles que l'indice saprobique (Kolkwitz et Marsson, 1909 ; Slàdecek, 1973), le biotic index (Woodiwiss,

1964), l'indice biotique (Verneaux et Tuffery, 1967)... *le biological monitoring working party score* (BMWP) (ISO 1979) et l'indice biologique de qualité générale (IBGN) (AFNOR 1992) utilisent les mollusques parmi d'autres composants de la biocénose comme indicateurs de cette qualité. Toutefois, la sensibilité de ces organismes à la pollution n'était, jusqu'ici, définie que d'une manière empirique. Dans cet article, qui propose une synthèse de différents travaux (Mouthon, 1996b ; Mouthon et Charvet, 1999) nous présentons : (1) une échelle de sensibilité des espèces, genres et familles de mollusques aux pollutions biodégradables ; (2) une estimation de la perte d'information subie lorsque l'on prend en considération le genre ou la famille plutôt que l'espèce lors de l'interprétation en terme de tolérance à la pollution d'un peuplement de mollusques.

Méthodes

Des relevés malacologiques (encadré, p. 4) ont été effectués sur 160 stations appartenant aux 5 grands bassins hydrographiques français ainsi qu'à différents cours d'eau côtiers du sud de la France. Dans le même temps, des analyses physico-chimiques étaient réalisées sur ces mêmes sites par les Agences de l'eau dans le cadre de l'inventaire national du degré de pollution des eaux superficielles. Pour les six variables retenues : oxygène dissous (O_2), demande biochimique en oxygène (DBO_5), azote ammoniacal (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), azote Kjeldhal (NK) et orthophosphates (PO_4^{3-}), seules ont été utilisées

Contact

Jacques Mouthon
Cemagref,
UR Biologie des
écosystèmes
aquatiques,
3 bis, quai Chauveau,
CP 220,
69336 Lyon Cedex 09

les valeurs maximales ou minimales (O_2) mesurées entre juillet et octobre correspondant à la période de basses eaux au cours de laquelle les campagnes d'échantillonnage des mollusques ont été effectuées. Chacune de ces variables a fait l'objet d'un découpage en cinq classes (tableau 1).

Les mollusques ont été échantillonnés à l'aide d'un troubleau à base rectangulaire (25 x 18 cm) et fixés sur le terrain au formaldéhyde neutralisé. Les échantillons sont tamisés à 630 μm au laboratoire, puis triés et déterminés à la loupe binoculaire. Les effectifs des espèces récoltées sur une surface comprise entre 0,5 et 3 m^2 sont ensuite rapportés au mètre carré. Après transformation en classes, les données physico-chimiques et malacologiques ont été traitées à l'aide de différentes méthodes d'analyse de données : Analyse factorielle des correspondances (AFC) et Classification ascendante hiérarchique (CAH) (Benzecri et Coll., 1976) extraits de la bibliothèque ADDAD (pour plus de détails voir Mouthon, 1996b et Mouthon et Charvet, 1999).

Variables		O_2 dissous	DBO_5	PO_4^{3-}
1		> 8	$\leq 2,5$	$\leq 0,3$
2		7,1-8	2,6-5	0,3-0,6
Classes	3	6,1-7	5,1-10	0,61-1,5
4		5,1-6	10,1-15	1,51-4
5		≤ 5	> 15	> 4
Variables		NH_4^+	NO_2^-	NKJ
1		$\leq 0,2$	$\leq 0,05$	$\leq 1,5$
2		0,21-0,6	0,06-0,15	1,51-3
Classes	3	0,61-1,2	0,16-0,50	3,1-5
4		1,21-4	0,51-1,50	5,1-10
5		> 4	> 1,5	> 10

► Tableau 1 – Classes des variables physico-chimiques. Les unités sont en mg/l.

Encadré

Définition de termes

Malacologie : discipline qui a pour but l'étude des mollusques.

À partir de l'étude de biocénoses de macroinvertébrés benthiques, Illies et Botosaneanu (1963) ont montré que trois grandes zones se succèdent le long d'un cours d'eau. De l'amont vers l'aval, on rencontre les sources ou **crénon**, auquel fait suite une zone d'écoulement torrentiel le **rhithron** dont l'importance dépend de l'altitude à laquelle le cours d'eau prend sa source, puis une zone appelée **potamon** où l'écoulement des eaux devenant plus calme, les phénomènes de sédimentation prennent le pas sur ceux d'érosion. Il existe des correspondances entre cette zonation et celle établie par Huet (1949) à partir des poissons, ainsi qu'avec la biotypologie définie à l'aide de 9 biocénotypes proposée par Verneaux (1973). L'**amplitude typologique** d'un organisme sera d'autant plus forte que celui-ci sera présent sur une, deux ou trois de ces zones.

La nomenclature systématique utilisée dans ce travail est celle préconisée par La Limnofauna Europea (Willman et Pieper, 1978). Toutefois, en ce qui concerne la famille des Lymnaeidae nous avons retenu la classification récemment proposée par Glöer et Meier-Brook (1994), proche de celle déjà définie par Germain (1931). Les 48 espèces qui constituent le matériel de base de cet article appartiennent à 30 genres qui se répartissent eux-mêmes à l'intérieur de 13 familles (tableau 2). *Lymnaea palustris* se rapporte à l'ancienne appellation et regroupe peut-être plusieurs espèces (Falniowski, 1980).

Échelle de sensibilité des espèces

La matrice des données a été traitée au moyen d'un programme d'analyse factorielle des correspondances (figure 1, p. 6). Les deux premiers axes extraient 38 % de l'inertie totale du nuage de points, respectivement 24,9 % pour F1 et 13,1 % pour F2 ; les autres facteurs ont des pourcentages d'inertie inférieurs à 10 %.

Les plus fortes contributions relatives des variables à l'axe 1 sont représentées par les classes 5 de l'azote ammoniacal, de la DBO_5 , de l'azote Kjeldhal et des nitrites, les classes 4 et 5 des phosphates et la classe 4 de l'oxygène dissous, situées à droite de l'axe 2 ainsi que par les classes 1 de l'azote ammoniacal et de l'azote Kjeldhal et la classe 2 de l'oxygène dissous, situées à gauche de l'axe 2. Le premier axe oppose donc les espèces présentant une bonne affinité avec les situations peu dégradées (classes 1 et 2 des variables physico-chimiques) à celles, plus résistantes associées à des situations de plus en plus fortement dégradées (classes 3, 4 et 5).

Le deuxième facteur oppose les classes 1 de la DBO_5 et 4 des nitrites à la classe 3 de la DBO_5 . Il contribue à séparer des autres espèces de mollusques celles qui, colonisant surtout le rhithron inférieur et le potamon des cours d'eau (Mouthon, 1981b), n'atteignent leur développement optimal qu'en présence d'une relativement forte activité de biodégradation de la charge organique des eaux. C'est notamment le cas des Unionidae et de *Dreissena polymorpha*.

De gauche à droite et de bas en haut, on peut suivre globalement la succession des classes 1, 2, 3-4 puis 4-5 des variables physico-chimiques. Toutefois, la position particulière de la classe 4 des nitrites montre que des espèces relativement

GASTEROPODES	Familles	Genres	Nombre d'espèces	Nombre d'espèces par famille
Prosobranchia	Bithyniidae	Bithynia	2	2
	Hydrobiidae	Potamopyrgus	1	2
		Belgrandia	1	
	Neritidae	Theodoxus	1	1
	Viviparidae	Viviparus	1	1
	Valvatidae	Valvata	2	2
Pulmonata	Acroloxidae	Acroloxus	1	1
		Ancylus	1	2
	Lymnaeidae	Ferrissia	1	
		Galba	1	6?
		Myxas	1	
		Lymnaea	1	
		Radix	2	
	Physidae	Stagnicola	1?	
		Physa	1	2
	Planorbidae	Physella	1	
		Anisus	1	6
		Armiger	1	
		Bathyomphalus	1	
		Gyraulus	1	
		Hippeutis	1	
Planorbis		1		
BIVALVES	Dreissenidae	Dreissena	1	1
	Sphaeriidae	Musculium	1	15
		Pisidium	11	
		Sphaerium	3	
		Anodonta	2	7
	Unionidae	Potomida	1	
		Pseudanodonta	1	
		Unio	3	

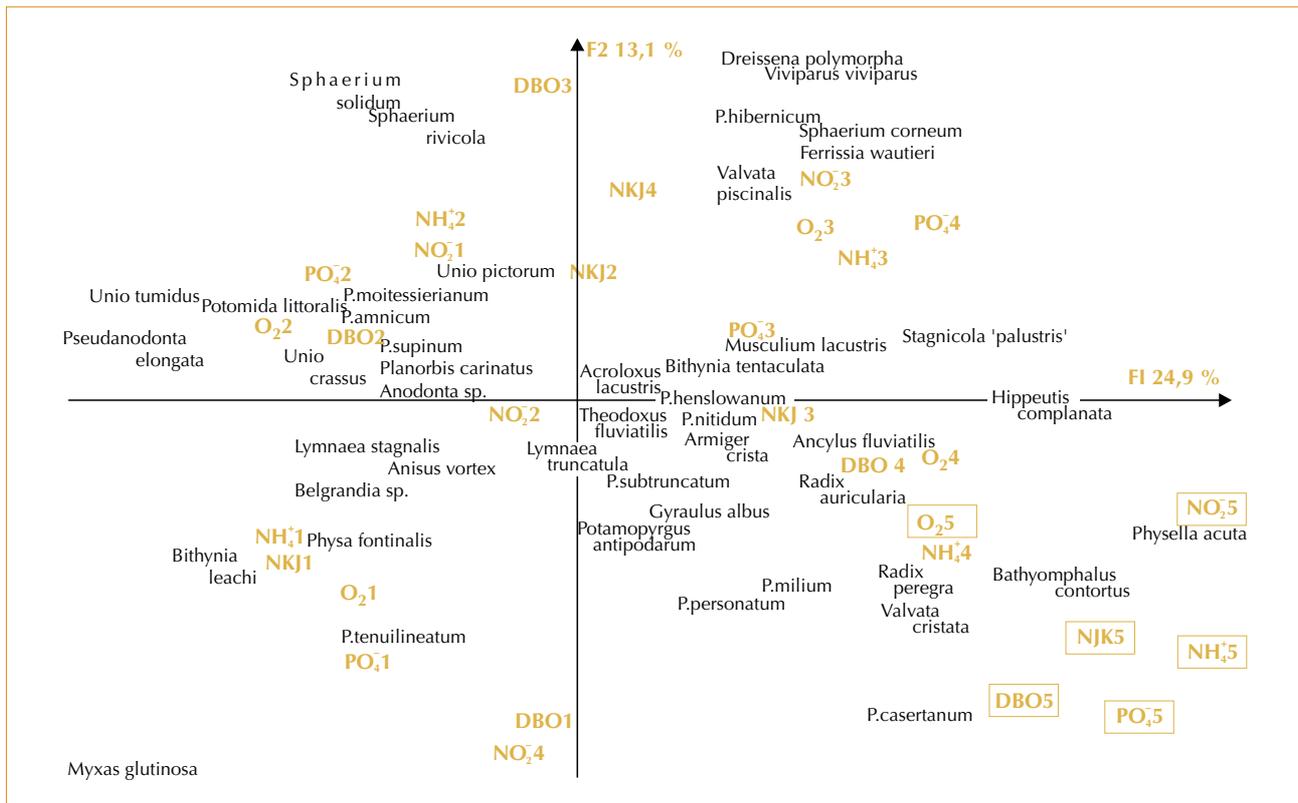
◀ Tableau 2 –
Liste et nombre
des taxons utilisés.

sensibles aux pollutions biodégradables peuvent, dans certains cas, être plutôt indifférentes à des concentrations comprises entre 0,5 et 1,5 mg/l. De même, la classe 1 de la DBO₅ située à proximité de l'axe 2 et occupant une position intermédiaire entre les classes 5 des variables et les classes 1 de l'azote ammoniacal, de l'azote Kjeldhal, des phosphates et de l'oxygène dissous indique que certaines espèces tolérantes présentent, néanmoins, une meilleure affinité pour les valeurs comprises entre 0 et 2,5 mg/l de la DBO₅ (classe 1) que pour des valeurs plus élevées de cette variable. Ces espèces présenteraient, par conséquent, une certaine sensibilité aux plus faibles valeurs de la DBO₅ (Mouthon, 1996a).

À partir d'une classification hiérarchique des individus, 13 groupements d'espèces ont pu être définis. La séparation des mollusques en deux grandes catégories proposées précédemment est confirmée par la CAH (figure 2, p. 7). Situées à droite de l'axe 2, les espèces tolérantes sont ré-

parties dans 8 groupements ; situées à gauche de l'axe 2, les espèces sensibles constituent 5 groupements. La répartition de ces groupements dans l'espace factoriel F1F2 apparaît sur la figure 3 (p. 8) sous forme d'ellipses d'inertie. L'affinité de chacune d'entre elles pour les différentes classes des variables physico-chimiques permet d'apprécier la sensibilité ou la tolérance des espèces constituant chaque groupement aux pollutions biodégradables, et de proposer une gamme de polluo-sensibilité des mollusques dulcicoles (figure 4, p. 9).

Les deux premiers groupements directement associés aux classes 5 des variables physico-chimiques sont essentiellement composés de gastéropodes ; *Physella acuta* (groupement 1) apparaît comme l'espèce la plus tolérante. *Pisidium casertanum* (groupement 3) et *P. personatum* (groupement 5) sont les bivalves les plus tolérants aux pollutions biodégradables. Proche de l'origine des axes, le groupement 6 renferme



▲ Figure 1 – Projection des espèces et des classes des variables physico-chimiques dans le plan F1F2 de l'analyse factorielle des correspondances (P = Pisidium).

10 espèces (5 gastéropodes et 5 bivalves). Sa position, comme dans une moindre mesure celle du groupement 5, montre que les espèces qui les composent sont capables de se développer en abondance dans des milieux peu dégradés mais ne sont que modérément affectées par des conditions plus extrêmes. Les groupements 7 et 8 renferment des espèces présentant une sensibilité voisine et une affinité particulière pour les classes 4 des phosphates et de l'azote Kjeldhal.

Parmi les mollusques considérés comme sensibles, les groupements 9 et 12 sont essentiellement composés d'espèces inféodées aux zones potamiques et qui atteignent leur développement optimum pour les classes 2 des variables. En revanche, les espèces des groupements 10, 11 et 13 sont surtout associées aux classes 1 des variables physico-chimiques. Par ailleurs, les proximités observées dans le plan factoriel entre plusieurs ellipses montrent que les écarts de sensibilité ou de tolérance existant entre les espèces des groupements 2-3, 5-6, 7-8 et 10-11 sont, sans doute, relativement peu importants.

Considérés globalement, les résultats obtenus corroborent les conclusions d'Ingram (1957), Harman (1974) et Fuller (1974) obtenues à partir de travaux réalisés sur le continent américain, à savoir :

- les Unionidae sont les premiers mollusques éliminés par la pollution ;
- les pulmonés, capables de respirer l'air atmosphérique, sont plus tolérants que les prosobranches à respiration branchiale ;
- le développement des Sphaeriidae est favorisé lors d'une pollution modérée des eaux ;
- c'est à l'intérieur de la famille des Physidae que l'on trouve les espèces les plus tolérantes.

D'une manière générale, les bivalves apparaissent donc plus sensibles que les gastéropodes. Le cycle biologique des Unionidae débute par un stade parasite obligatoire : leurs larves appelées *glochidium* vivant enkystées pendant un certain temps sur les branchies et les nageoires de différentes espèces de poissons. De ce fait, la

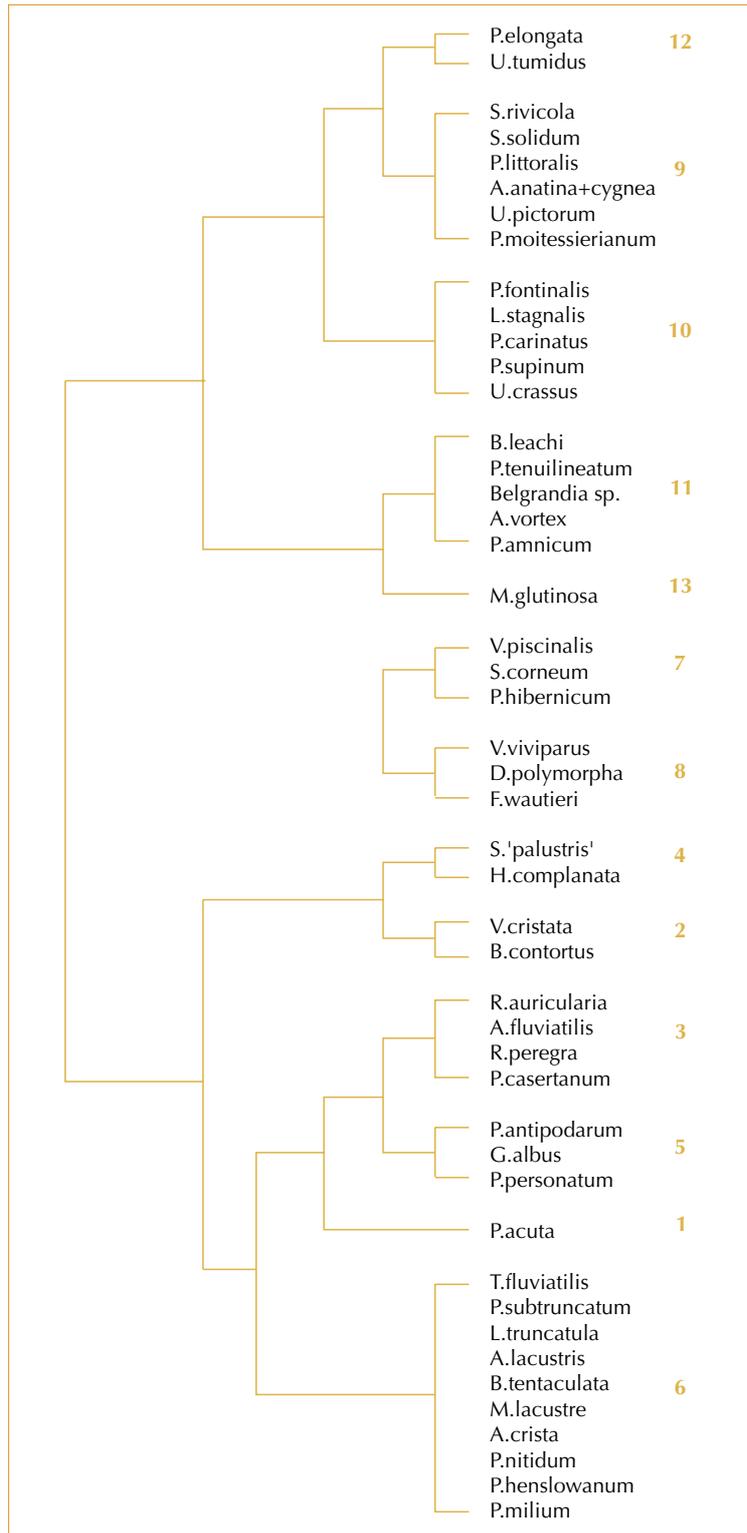
polluo-sensibilité de ces bivalves est directement liée à celle des poissons hôtes.

Deux grands groupes d'espèces ont été mis en évidence par l'analyse. Le premier comprend 20 espèces considérées comme sensibles, réparties dans 5 groupements. Ces mollusques atteignent leur développement optimal pour des valeurs ne dépassant pas 0,6 mg/l pour les orthophosphates et l'azote ammoniacal, 5 mg/l pour la DBO₅, et 3 mg/l pour l'azote Kjeldhal. Au-delà de ces seuils, ces espèces sont fortement affectées puis disparaissent. Le deuxième groupe comprend 28 espèces tolérantes ou très tolérantes réparties dans 8 groupements. Elles peuvent supporter sans grand dommage pour leur développement des valeurs bien supérieures à celles mentionnées ci-dessus. Par ailleurs, on constate qu'à l'intérieur d'une même famille (Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Valvatidae, Bithyniidae) ou d'un même genre (*Pisidium*, *Sphaerium*) il existe des différences de sensibilité des espèces aux pollutions biodégradables parfois très importantes.

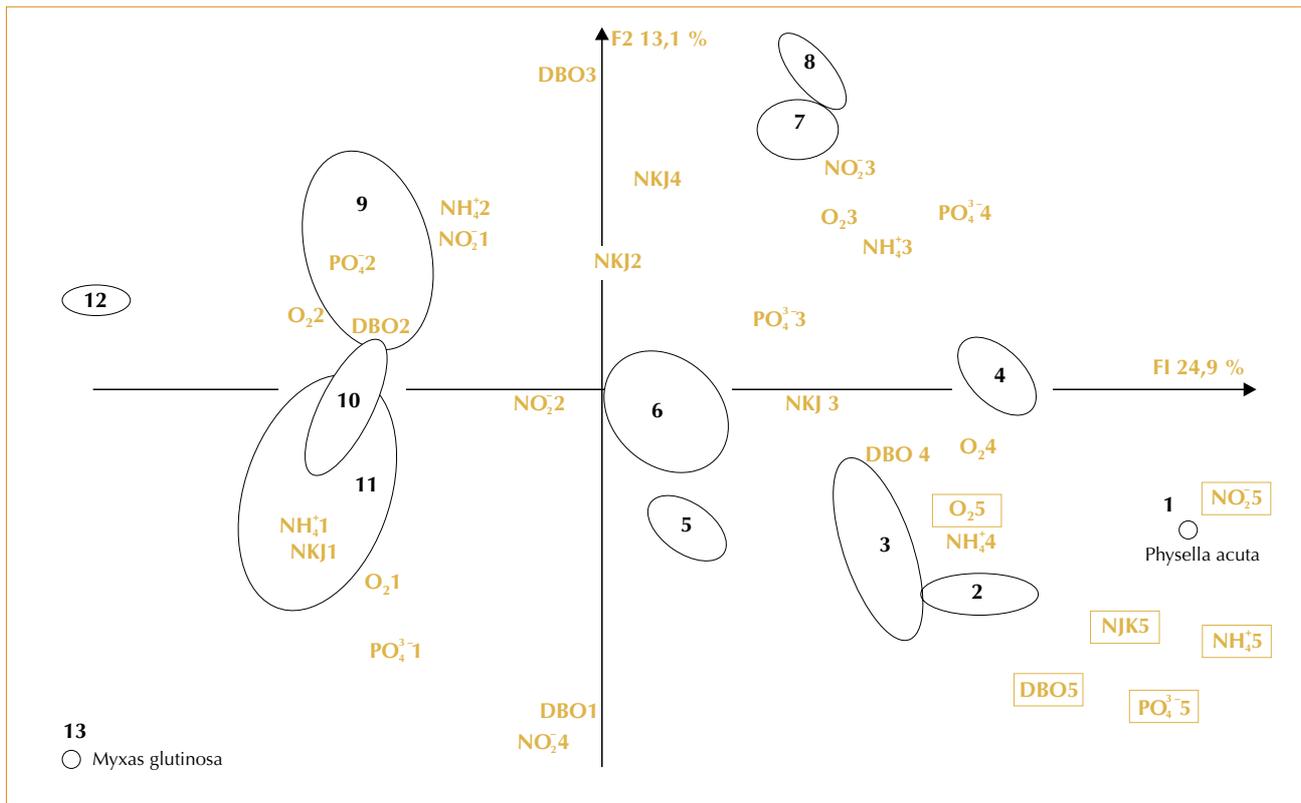
Échelle de sensibilité des genres et des familles

À partir de cette échelle de polluo-sensibilité des espèces (Mouthon, 1996b), il est possible d'en déduire celle des genres et des familles de mollusques en les utilisant comme éléments supplémentaires : individus non actifs affectés d'une masse nulle. Après projection dans le plan factoriel F1F2 de l'analyse des espèces de ces individus supplémentaires, la position de chaque genre ou famille se trouve au centre de gravité (barycentre) des points-espèces qui le ou la composent (figures 5 et 6, p. 10 et 11). Dans un deuxième temps, le résultat de l'adjonction de ces éléments supplémentaires aux groupements d'espèces définis précédemment par la CAH nous fournit parallèlement à l'échelle des espèces un classement des genres et des familles en fonction de leur sensibilité aux pollutions biodégradables (figure 4).

La position dans le plan factoriel F1F2 et dans la CAH des genres monospécifiques, la majorité d'entre eux (23 sur 30), et des familles monospécifiques (4 sur 13), correspond à celle des espèces qu'ils ou qu'elles représentent. En revanche, les 6 genres (comptant 23 espèces) et les 5 familles plurispécifiques (26 genres et 44 espèces) occupent des positions en rapport avec la polluo-sensibilité des espèces qui les composent (figures 4 et 7, p. 9 et 12). Ainsi, la polluo-sensi-



▲ Figure 2 – Groupements d'espèces définis par la classification ascendante hiérarchique.



▲ Figure 3 – Projection dans le plan F1F2 des ellipses d'inertie représentant les groupements d'espèces définis par la classification ascendante hiérarchique.

bilité du genre *Pisidium* se trouve au centre de gravité (barycentre) des positions de toutes les espèces de *Pisidium* ; sa tolérance est assez élevée puisque la CAH situe sa position au même niveau que *Pisidium subtruncatum* (groupement 6). Le même type de raisonnement peut être appliqué aux autres genres plurispécifiques puis aux familles. Finalement, on constate que l'amplitude de l'échelle de sensibilité des espèces est globalement la même que celle des genres alors que celle des familles est beaucoup plus réduite.

Perte d'information lors du passage espèce-genre et genre-famille

Afin d'estimer l'importance de l'information perdue lorsque l'on identifie les mollusques à la famille ou au genre au lieu de l'espèce, nous avons calculé, pour les quatre premiers facteurs représentant 56,3 % de l'inertie totale, la distance euclidienne de chaque espèce au centre de gravité du genre et de la famille auxquels elle appartient. Les valeurs de ces distances ont ensuite été transformées en 5 classes (figure 7, p. 12).

L'affinité pour les situations dégradées de *Radix peregra* et de *R. auricularia* est assez voisine et la distance de ces deux espèces au centre de gravité représentant le genre *Radix* très réduite (figure 7 A). Par conséquent, la position de ce dernier indiquera également une forte tolérance aux pollutions biodégradables. De la même façon, la sensibilité du genre *Unio* est assez proche de celles des 3 espèces qui appartiennent à ce genre (figure 7 B). Dans ces deux cas, la prise en compte du genre au lieu de l'espèce est peu réductrice d'information en terme de tolérance à la pollution. En revanche, les espèces appartenant aux genres *Valvata*, *Bithynia*, *Sphaerium*, *Pisidium* et aux familles plurispécifiques peuvent présenter des sensibilités aux pollutions biodégradables parfois très différentes. Ainsi, parmi les deux espèces de Physidae, très éloignées du centre de gravité représenté par cette famille, l'une *Physella acuta* est très tolérante, l'autre *Physa fontinalis* plutôt sensible (figure 7 B). Or, globalement cette famille est classée parmi les plus pollu-résistantes. On observe le même phénomène pour les Bithyniidae et les Hydrobiidae, mais cette fois

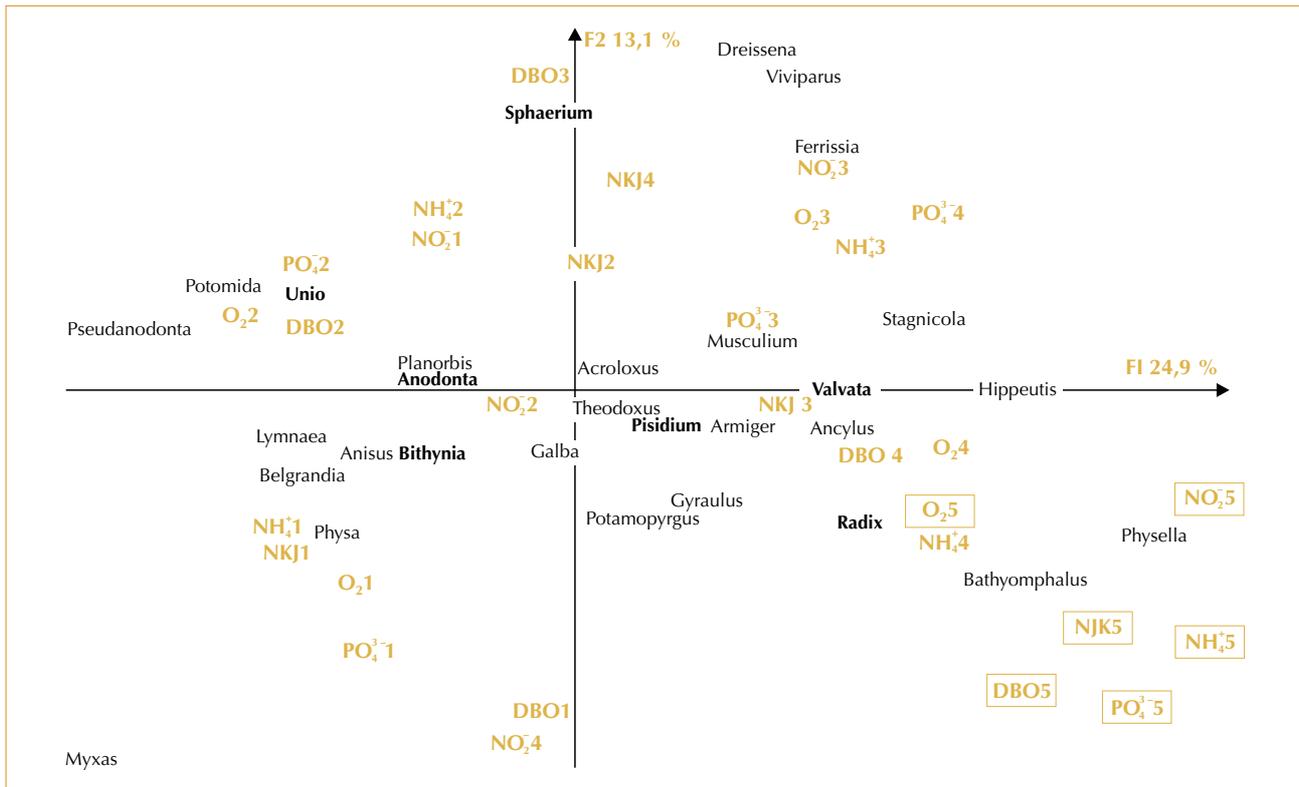
	Espèces	Genres	Familles
1	Physella (Physa) actua (Draparnaud)	Physella	A
2	Bathymorphalus contortus (L.) Valvata cristata (Müller)	Bathymorphalus	
3	Radix (Lymnaea) peregra (Müller) Radix (Lymnaea) auricularia (L.) Ancylus fluviatilis (Müller) + Pisidium casertanum (Poli)	Radix Ancylus	B C
4	Stagnicola (Lymnaea) 'palustris' (Müller) Hippeutis complanata (L.)	Valvata Stagnicola Hippeutis	
5	Gyraulus albus (Müller) Potamopyrgus antipodarum (Smith) + Pisidium personatum Malm	Gyraulus Potamopyrgus	
6	Galba (Lymnaea) truncatula (Müller) Armiger crista (L.) Acroloxus lacustris (L.) Bithynia tentaculata (L.) Theodoxus fluviatilis (L.) + Musculium lacustre (Müller) + Pisidium subtruncatum Malm + Pisidium nitidum Jenyns + Pisidium milium Held + Pisidium henslowanum (Sheppard)	Galba Armiger Acroloxus Theodoxus + Musculium + Pisidium	
7	Valvata piscinalis (Müller) Sphaerium corneum (L.) Pisidium hibernicum Westerlund		
8	Ferrissia wautieri (Miroli) + Viviparus viviparus (L.) + Dreissena polymorpha (Pallas)	Ferrissia Viviparus Dreissena	
9	+ Sphaerium solidum (Normand) + Sphaerium rivicola (Lamarck) + Pisidium moitessierianum Paladilhé + Unio pictorum (L.) + Anodonta anatina + cygnea (L.) + Potomida littoralis (Cuvier)	+ Sphaerium Bithynia + Unio + Anodonta + Potomida	
10	+ Lymnaea stagnalis (L.) + Physa fontinalis (L.) + Planorbis carinatus (Müller) + Pisidium supinum Schmidt + Unio crassus Philipsson	Lymnaea Physa Planorbis	
11	Anisus vortex (L.) Bithynia leachi (Sheppard) Belgrandia sp. + Pisidium amnicum (Müller) + Pisidium tenuilineatum Stelfox	Anisus Belgrandia	
12	+ Unio tumidus Philipsson + Pseudanodonta elongata Holandre	+ Pseudanodonta	
13	Myxas glutinosa (Müller)	Myxas	

Tolérance croissante aux pollutions biodégradables

Groupes des espèces tolérantes

Groupes des espèces sensibles

▲ Figure 4 – Échelles de sensibilité aux pollutions biodégradables des espèces, genres et familles de mollusques définies à partir de la classification ascendante hiérarchique. (Les espèces bivalves sont signalées par un + ; pour plus d'information, voir le texte).



▲ Figure 5 – Projection dans le plan factoriel des éléments supplémentaires (GENRES). Les axes F1F2 sont ceux de l'analyse des correspondances des espèces. (Les genres monospécifiques sont en caractères gras).

ces 2 familles sont considérées comme étant plutôt sensibles aux pollutions biodégradables (figures 7 B et C). À l'intérieur des genres *Valvata*, *Bithynia*, *Sphaerium* et *Pisidium* ou dans les familles des Ancyliidae, Valvatidae et plus encore dans celles des Bithyniidae, Lymnaeidae, Planorbidae et Sphaeriidae on trouve des espèces présentant des degrés de tolérance ou de sensibilité parfois très différents. Dans ces conditions, considérer la polluo-sensibilité globale du genre et surtout de la famille plutôt que celle de l'espèce aboutit à une perte d'information importante. Celle-ci ne concerne qu'une minorité de genres mais plus de la moitié des familles.

Utilisation pratique de ces résultats

L'application de ces résultats à l'interprétation de listes faunistiques dont le niveau de détermination s'arrête au genre ou à la famille appelle plusieurs observations, notamment en ce qui concerne la répartition géographique, la fréquence et l'habitat de certaines espèces. *Physa fontinalis*

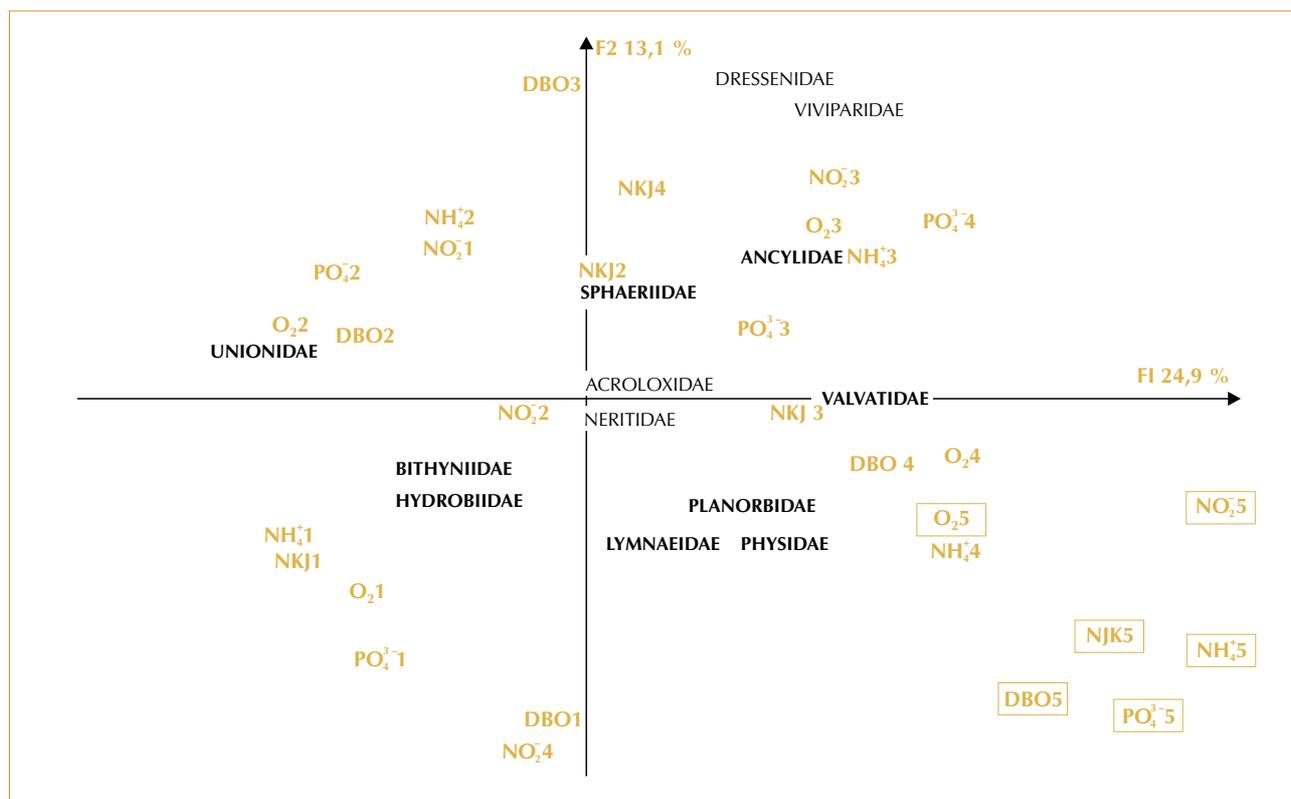
se rencontre essentiellement dans la moitié nord de la France. En revanche, *Physella (Physa) acuta* qui occupait seulement la moitié sud de l'Hexagone au début du siècle (Germain, 1931) colonise actuellement tout le pays. De ce fait, dans la moitié sud de la France la polluo-sensibilité de la famille des Physidae se confond avec celle de *Physella acuta* (flèche A, figure 4).

Dans notre étude, la famille des Hydrobiidae ne comprend que deux genres *Potamopyrgus* et *Belgrandia*. Le premier très fréquent occupe pratiquement toute la France. Le second possède une aire de répartition restreinte au sud du pays (Germain, 1931), mais il est surtout bien représenté dans les sources et les petits cours d'eau du sud-est. En dehors de cette zone méridionale, et à l'exception des zones de sources où l'on peut également rencontrer d'autres Hydrobiidae appartenant notamment au genre *Bythinella*, il est possible d'assimiler la polluo-sensibilité des Hydrobiidae à celle de *Potamopyrgus antipodarum* (flèche B, figure 4).

La famille et le genre *Bithynia* sont représentés par deux espèces. L'une, *B.tentaculata* est largement répandue dans toute la France et plutôt résistante à la pollution, l'autre *B.leachi* est peu fréquente (Mouthon, 1994) et polluo-sensible. Bien que son aire de répartition soit assez mal connue, il semble toutefois que cette dernière soit plutôt limitée à la moitié nord du pays. Par conséquent, dans la grande majorité des situations la famille des Bithyniidae essentiellement représentée par *B.tentaculata* doit être considérée comme un taxon plutôt tolérant (flèche C, figure 4).

D'après Germain (1931), *Myxas glutinosa* est « une espèce de plaine vivant presque partout en France, sauf dans le sud-est, mais peu répandue ». Une étude récente de la fréquence des espèces de mollusques montre que ce gastéropode est devenu très rare (Mouthon, 1994). Son retrait de l'analyse ne modifie que faiblement la position de la famille des Lymnaeidae dans le plan factoriel F1F2 et ne change pas son degré de tolérance définie à partir de la CAH.

Les connaissances concernant l'amplitude typologique et l'habitat des espèces peuvent également être utilisées dans l'interprétation en terme de polluo-sensibilité de certaines familles ou genres. En effet, *Ancylus fluviatilis* et *Ferrissia wautieri* qui appartiennent à la famille des Ancyliidae occupent, dans les cours d'eaux, des habitats forts différents. La première, rhéophile, vit essentiellement dans les secteurs courants du rhithron au potamon ; la seconde, au contraire ne se développe que dans les eaux calmes des potamons. Parmi les trois espèces du genre *Sphaerium*, *S.solidum* et *S.rivicola* sont essentiellement potamiques. En revanche, *S.corneum* colonise à la fois les rhithrons et les potamons (Mouthon, 1981b, 1999). Suivant les types de rivières échantillonnés et de prélèvements effectués, il est donc possible de considérer les polluo-sensibilités d'*Ancylus fluviatilis* ou de *Sphaerium corneum* plutôt que celles moins tolérantes de la famille des Ancyliidae ou du genre *Sphaerium*.



▲ Figure 6 – Projection dans le plan factoriel des éléments supplémentaires (FAMILLES). Les axes F1F2 sont ceux de l'analyse des correspondances des espèces. (Les familles monospécifiques sont en caractère normal, les familles plurispécifiques sont en caractère gras).



▲ Figure 7 – Différence de sensibilité des espèces appartenant au même genre ou à la même famille. Le plan factoriel F1F2 est celui de l'analyse des correspondances (AFC) des espèces. (Les classes de distances euclidiennes sont entre parenthèses ; P = Pisidium, S = Sphaerium).

D'une manière générale, plus la différence de sensibilité des espèces qui appartiennent à un même genre ou à une même famille est grande, plus l'information que l'on perd lorsque l'on cherche à estimer la polluo-sensibilité d'un genre ou d'une famille est importante. Entre les deux espèces de *Radix* comme entre les trois espèces qui font partie du genre *Unio* l'écart de sensibilité est réduit. En revanche, la différence de sensibilité entre les espèces qui appartiennent aux genres *Valvata*, *Bithynia*, *Sphaerium*, *Pisidium* ou à toutes les familles plurispécifiques est grande et la perte d'information conséquente.

En raison de leur faible représentation dans notre échantillonnage, la sensibilité de certaines espèces telles que *Myxas glutinosa*, considérée comme oligosaprobe (qui se développe dans des eaux douces pauvres en matières organiques) par Kolkwitz et Marsson (1909), *Pseudanodonta elongata*, *Unio tumidus* et *Sphaerium solidum* devra être confirmée. En effet, leur faible fréquence actuelle dans les cours d'eau français (Mouthon, 1994) peut, soit être une conséquence directe de leur forte sensibilité, soit être liée à des facteurs biogéographiques. Par ailleurs, on observera que les espèces de mollusques considérées comme étant les plus sensibles à la pollution telles que celles qui appartiennent au genre *Bythinella* (Slàdecek, 1973; Mouthon, 1981a; Nagel, 1989), inféodées au crénon et *Margaritifera margaritifera* (Kolkwitz et Marsson, 1909; Björk, 1962; Bauer et al., 1980), vivant dans les petits cours d'eau des régions à substratum

siliceux ou basaltique ne figurent pas dans notre échantillonnage; ces sites ne faisant généralement pas l'objet d'une surveillance physico-chimique de la qualité de leurs eaux. En revanche, pour d'autres mollusques comme les espèces invasives *Menetus dilatatus* (Planorbidae), *Lithoglyphus naticoides* (Lithoglyphidae) et *Corbicula fluminea* (Corbiculidae), leurs tolérances aux pollutions biodégradables restent encore à préciser.

Un classement peut être effectué à partir des espèces, genres et familles afin d'intégrer cette faune dans les indicateurs de qualité d'eau qui, selon le niveau taxonomique retenu, fournissent des indications plus ou moins précises. Ainsi l'on passe de 13 (espèces) à 12 (genres) puis à 6 (familles) classes de bio-indication. Le genre pourrait constituer un compromis envisageable, notamment si l'on prend en considération les difficultés que suscitent la systématique de certaines familles comme celle des Sphaeriidae (Bivalves). Ces résultats vont apporter aux hydrobiologistes les bases nécessaires à une interprétation des peuplements de mollusques en terme de qualité des milieux et devraient permettre une plus large prise en compte de ces organismes, dont richesse spécifique et densité sont maximales au niveau du potamon (Mouthon, 1999), dans les méthodes de détermination de la qualité biologique des grands cours d'eau, d'autant plus que leur détermination au niveau du genre ne soulève pas de problèmes particuliers.



Résumé

Cent soixante stations appartenant aux cinq grands bassins hydrographiques français ont fait l'objet d'inventaires malacologiques et d'analyses physico-chimiques des eaux. Les relations entre six variables pouvant être considérées comme des indicateurs de pollutions biodégradables, et les effectifs de 48 espèces de mollusques ont été étudiées au moyen d'analyses multivariées. Une échelle de polluo-sensibilité de ces espèces est proposée. À partir de ces résultats et grâce à l'introduction dans l'analyse d'éléments supplémentaires, nous avons pu en déduire une échelle de sensibilité des genres et des familles de mollusques. Une estimation de l'importance de l'information perdue lorsque l'on identifie les mollusques à la famille ou au genre, au lieu de l'espèce, a été effectuée. Les résultats montrent que, si l'on veut intégrer les mollusques aux indicateurs de qualité d'eau, le genre pourrait constituer un compromis acceptable.

Abstract

Malacological surveys and physico-chemical water analysis have been carried out at one hundred and sixty stations in France, distributed across five major catchment areas. The relationships between six of the variables: dissolved oxygen, BOD₅, ammonia nitrogen, nitrites, Kjeldhal nitrogen and orthophosphates can be considered as indicators of biodegradable pollution and the populations of forty eight species of molluscs have been studied using correspondence analysis. A scale of sensitivity of these species to this type of pollution is presented here. Using these results as a basis, and introducing of supplementary elements in the analysis, we have been able to formulate a scale of sensitivity of mollusc genera and families. A quantification of information lost when using genus or family-level rather than species-level identification was carried out. The results obtained showed that the genus-level identification can constitute an acceptable compromise for using molluscs as water quality indicators in biomonitoring.

Bibliographie

- AFNOR, 1992, Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN), NFT 90-35, 9 p.
- BAUER, G., SCHRIMPF, E., THOMAS, W., HERRMAN, R., 1980. Zusammenhänge zwischen dem Bestandsrückgang der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) im Fichtelgebirge und der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol.*, 88, p. 505-513.
- BENZECRI J.-P., 1976. *L'analyse des données, L'analyse des correspondances*, Dunod Ed., Paris, 616 p.
- BJÖRK, S., 1962. Investigations on *Margaritifera margaritifera* and *Unio crassus*. *Acta Limnologica*, 4, p. 1-109.
- FALNIOWSKI, A., 1980. The anatomical determination of Polish Lymnaeidae (Mollusca, Basommatophora). *Acta Hydrobiol.*, 22, p. 327-335.
- FULLER, S.L.H., 1974, Clams and Mussels (Mollusca: Bivalvia), In *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*, C.W., Hart and S.L.H., Fuller, Eds., Academic press, New York, p. 275-312.
- GERMAIN, L., 1931. Mollusques terrestres et fluviatiles, in *Faune de France*, Lechevalier Ed., Librairie de la Faculté des Sciences, Paris, 21-22, 897 p.
- GLÖER, P., MEIER-BROOK, C., 1994, *Süßwassermollusken, Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland*, DJN Ed., Hamburg, 136 p.
- HARMAN, W.N., 1974, Snails (Mollusca: Gastropoda), In *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*, C.W., Hart and S.L.H., Fuller Eds., Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates, Academic press, New York, p. 275-312.
- HUET, M., 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11, p. 332-351.
- ILLIES, J., BOTOSANEANU, L., 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 12, p. 1-57.
- INGRAM, W.M., 1957. Use and value of biological indicators of pollution: Fresh water clams and snails. In *Biological Problems in Water Pollution*, C.M., Tarzwell Ed., Robert, A., Taft Sanitary Eng. Center, Cincinnati, Ohio, p. 94-135.

- ISO, 1979, Assessment of the biological quality of rivers by a macroinvertebrates « score », ISO/TC 147/SC5/WG 6 N, 18 p.
- KOLKWITZ, R., MARSSON, M., 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 2, p. 126-152.
- MOUTHON, J., 1981a. Les mollusques et la pollution des eaux douces : ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 51, p. 250-258.
- MOUTHON, J., 1981b. Typologie des mollusques des eaux courantes. Organisation biotypologique et groupements socio-écologiques. *Ann. Limnol.*, 17, p. 143-162.
- MOUTHON, J., 1994. Fréquences et densité des espèces de mollusques dans les cours d'eau français. *Vertigo*, 4, p. 19-28.
- MOUTHON, J., 1996a. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: Studies into the limiting values of 11 physico-chemical variables. *Hydrobiologia*, 319, p. 57-63.
- MOUTHON, J., 1996b. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: proposal for a scale of sensitivity of species. *Hydrobiologia*, 317, p. 221-229.
- MOUTHON, J., 1999. Longitudinal organisation of the mollusc species in a theoretical French river. *Hydrobiologia*, 390, p. 117-128.
- MOUTHON, J., CHARVET, S., 1999. Compared sensitivity of species, genera and families of Molluscs to biodegradable pollution. *Ann. Limnol.*, 35, (1), p. 31-39.
- NAGEL von, P., 1989. *Bildbestimmungsschlüssel der Saprobien. Makrozoobenthon*, Gustav. Fischer Verlag, Stuttgart, 183 p.
- SLÀDECEK, V., 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 7, p. 1-218.
- VERNEAUX, J., TUFFERY, G., 1967. Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes, Indices biotiques. *Ann. scient.*, Univ. Besançon (Zool.), 3, p. 79-90.
- VERNEAUX, J., 1973, *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura), Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs, Essai de biotypologie*, Thèse Doct. Univ. Besançon, 257 p.
- WILLMANN, R., PIEPER, H., 1978. Gastropoda, In *Limnofauna Europaea*, J. Illies Ed., G. Fischer Verlag, Stuttgart, p. 118-134.
- WOODIWISS, F.S., 1964. The biological system for stream classification used by the Trent River Board. *Chem. and Ind.*, p. 443-447.