



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Le macrozoobenthos du Rhin 2000

68^{ème} Assemblée plénière – 2 et 3 juillet 2002 - Luxembourg

Le macrozoobenthos du Rhin 2000

Rapporteur

Dr. Franz Schöll
Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz

Acteurs et institutions

Suisse

Monsieur le Dr. Sieber, Office fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, Berne

France

Monsieur Luquet, Conseil Supérieur de la Pêche, Marly,
Monsieur Demortier, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Moulins-les-Metz

Allemagne

Bade-Wurtemberg: Monsieur Vobis, Landesamt für Umweltschutz, Karlsruhe
Hesse: Monsieur le Dr. Teichmann, Landesamt für Umwelt, Wiesbaden
Rhénanie-Palatinat: Monsieur Westermann, Landesamt für Wasserwirtschaft, Mainz
Rhénanie-du-Nord-Westphalie: Monsieur le Dr. Schiller, Landesumweltamt, Düsseldorf
Monsieur le Dr. Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Pays-Bas

Monsieur Bij de Vaate, RIZA, Lelystad

Secrétariat de la CIPR

Dr. Anne Schulte-Wülwer-Leidig

Editeur: Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Postfach 20 02 53
D – 56002 Coblenz
Tél. 0049-261-12495
Fax 0049-261-12495
E-mail : sekretariat@iksr.de
<http://www.iksr.org>

Le macrozoobenthos du Rhin 2000

Résumé

1 Introduction

2 Réalisation des inventaires

3 Méthode

4 Caractéristiques des tronçons du Rhin analysés

5 Distribution faunistique

5.1 Généralités

5.2 Distribution faunistique sur les différents tronçons du Rhin

5.2.1 Haut Rhin

5.2.2 Rhin supérieur méridional

5.2.3 Rhin supérieur septentrional

5.2.4 Rhin moyen

5.2.5 Rhin inférieur

5.2.6 Delta du Rhin

6 Evolution de la biocénose du Rhin

6.1 Néozoaires

6.2 Modifications structurelles de la biocénose de 1990 à l'an 2000

6.2 Aperçu historique 1900 – 2000

7 Evaluation écologique

7.1 Indice des potamotypes (PTI)

7.1.1 Répartition des valeurs ECO de la biocénose du Rhin vers 1920 et en l'an 2000

7.1.2 Calcul de l'indice des potamotypes du Rhin

7.1.3 Evaluation à l'échelle réduite à l'aide du PTI

7.2 Index of Trophic Completeness (ITC)

7.3 Evaluation récapitulative de l'état écologique du Rhin, volet du macrozoobenthos

8 Mesures visant à améliorer la biocénose

8.1 Amélioration morphologique des habitats

8.2 Amélioration dans le domaine de la qualité des eaux

9 Bibliographie

10 Annexes

Résumé

Dans le cadre du Programme « Rhin 2020 » visant à recenser l'état biologique et écologique du Rhin, les experts ont dressé en l'an 2000 l'inventaire des **populations de macrozoaires** (ensemble des organismes benthiques appelé également macrozoobenthos) présentes dans le Rhin entre le lac de Constance et l'embouchure de la mer du Nord. Les études ont été réalisées par les services techniques compétents des Etats riverains du Rhin à l'aide de plongeurs, d'une cloche à plongeurs, d'un grappin, d'une drague, ainsi que depuis la rive au moyen d'un filet de type Surber ou de ramassage à la main. L'objectif est de recenser et d'évaluer les microorganismes du Rhin, tant en termes quantitatifs que qualitatifs, de la manière la plus complète possible. L'évaluation englobe également des informations relatives à l'évolution de la biocénose dans le temps, à la dynamique de développement de certaines espèces à long terme et à l'immigration d'espèces néozoaires.

Plus de **300 espèces ou taxons** supérieurs ont été recensés au total. La plupart de ces espèces sont communes, présentent une large valence écologique et colonisent de grandes parties du Rhin. Les densités d'individus varient fortement en fonction du tronçon rhénan et se situent entre 0 et plusieurs dizaines de milliers d'individus par m². Le profil monotone des rives et du lit fait que la structure biocénotique nettement différenciée à l'origine n'est plus reconnaissable que sous forme fragmentaire.

Sur le **profil longitudinal** du Rhin, le plus grand nombre d'espèces se trouve dans le haut Rhin et le Rhin supérieur méridional. On y trouve des espèces typiques du cours amont des fleuves. Sur le Rhin supérieur septentrional, le Rhin moyen, le Rhin inférieur et le delta du Rhin, le nombre de taxons constatés est inférieur. Sont ici caractéristiques les éléments de la faune potamale. Dans le delta du Rhin, la faune d'eau douce est remplacée de plus en plus par des espèces adaptées aux eaux saumâtres.

Sur le **profil transversal**, la biocénose colonise essentiellement les grosses pierres stables déversées pour renforcer les berges. C'est sur ce type de substrat approprié que l'on trouve la diversité d'espèces la plus grande et la densité de population la plus importante de macroinvertébrés sessiles ou semi-sessiles. En revanche, le nombre d'espèces vivant sur le lit instable du fleuve est généralement faible.

Une **description historique de l'évolution de la biocénose** ne peut fournir de données statistiques exactes, mais permet cependant de reconnaître clairement les tendances. On note que l'évolution de la biocénose à long terme est étroitement liée à la pollution du Rhin par des substances. Parallèlement à la pollution croissante du Rhin due aux rejets d'eaux usées et à la baisse de la teneur d'oxygène qui y est liée, on observe une chute brutale du nombre d'espèces, notamment entre le milieu des années 50 et le début des années 70. A partir du milieu des années 70, un tournant est atteint. Grâce à l'amélioration de l'oxygénation consécutive à la construction de stations d'épuration industrielles et urbaines, on observe à nouveau une augmentation de la diversité des espèces.

De nombreuses espèces fluviales typiques que l'on croyait disparues du Rhin ou dont les populations étaient fortement décimées font à nouveau partie de la faune sur de vastes tronçons du Rhin. L'exemple le plus récent de propagation d'espèces typiques sont les nombreuses détections de gomphes (*Gomphus vulgatissimus*, *G. flavipes*) dans le Rhin.

Il y a également des évolutions opposées. La néritine *Theodoxus fluviatilis*, encore fréquente dans le Rhin au début des années 90, n'apparaît plus que sous forme relictuelle à Rheinau dans le Vieux Rhin et à un unique endroit dans le segment aval du haut Rhin. Par ailleurs, il manque encore dans la faune du Rhin de nombreuses espèces d'insectes que l'on observait au début du 20^{ème} siècle.

Par contre, de nombreux „nouveaux venus“, originaires de régions éloignées, ont contribué à accroître la diversité des espèces dans le Rhin. Ces **néozaires** ont notamment rejoint le Rhin en passant par le canal reliant le Main au Danube, mis en service en 1992. Elles ont entraîné une modification sensible dans les caractéristiques de dominance et de constance de la biocénose benthique du Rhin.

Il est difficile d'évaluer l'état écologique du Rhin à partir du macrozoobenthos. En effet, depuis une dizaine d'années, le Rhin se trouve dans une situation beaucoup moins stable que d'autres cours d'eau, du fait de l'immigration de néozaires. L'évolution de la biocénose rhénane va dans deux directions fondamentalement opposées : alors que l'on note à grande échelle une augmentation du nombre des espèces, ce nombre se rapprochant de manière à peu près asymptotique du nombre d'espèces qui peuplaient le Rhin au début du siècle précédent, l'inventaire des espèces est en régression à échelle réduite.

En regroupant de grands tronçons fluviaux, on se fonde sur les méthodes d'évaluation PTI et ITC, nouvellement mises au point, pour estimer que l'état écologique du Rhin est à peu près « bon » (quelques tronçons du fleuve s'orientant vers un « très bon » état, d'autres vers un état « moyen »). Cependant, si l'on observe et évalue de plus petits segments du Rhin à l'intérieur des tronçons fluviaux représentés et évalués dans la présente étude, on peut voir apparaître des écarts généralement (mais pas systématiquement) susceptibles d'abaisser le niveau de qualité. Ainsi, la qualité écologique de certaines zones, notamment les segments canalisés, de même que des tronçons morphologiquement déficients, peut tout au plus être qualifiée de « moyenne ».

Dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique du Rhin, il faut en outre garder à l'esprit pour toute analyse quantitative que la biocénose du Rhin ne se compose pas majoritairement d'espèces indigènes mais pour plus de 80 % d'espèces animales immigrées. En outre, la carence de certaines espèces, notamment les insectes, n'est toujours pas résolue. Il est enfin difficile d'estimer le processus simultané de régression et d'augmentation d'espèces typiques du Rhin. Dans son aspect macrozoobenthique, l'état écologique du Rhin est donc provisoirement estimé « **moyen** » ou « **bon** » en fonction des disparités locales.

Le Programme d'Action Rhin a montré qu'en regroupant et en promouvant les efforts de mise en œuvre du plan de dépollution dans tous les Etats riverains du Rhin, on avait réussi à atteindre un niveau de qualité des eaux à peine imaginable à l'origine. Cette amélioration a eu un effet régénérateur radical sur la biocénose rhénane. Cependant, l'état écologique du Rhin n'est pas bon sur tous les plans. Pour stabiliser les résultats atteints et combler les déficits constatés, des mesures de restauration du **milieu physique** ainsi que de maintien et d'amélioration de la **qualité de l'eau** sont à prendre. La **surveillance** du macrozoobenthos du Rhin reste indispensable sous forme de suivi durable des résultats.

1 Introduction

Dans le cadre du Programme d'Action Rhin, des inventaires faunistiques sur les macroinvertébrés ont été réalisés sur le tronçon du Rhin entre le lac de Constance et l'embouchure de la mer du Nord.

Les **objectifs** de cette étude étaient:

- de recenser systématiquement les macrozoaires du Rhin
- de décrire la biocénose sur le profil longitudinal et transversal
- de constater les modifications qualitatives et quantitatives survenues dans la zoocénose
- de procéder à une évaluation écologique
- de soumettre des propositions visant à restaurer l'écosystème

2 Réalisation des inventaires de macroinvertébrés

Les études ont été réalisées pour le compte des services suivants:

Suisse : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne

France: Conseil Supérieur de la Pêche, Marly ; Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Metz ; DIREN, Strasbourg

Allemagne:

Bade-Wurtemberg: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe

Hesse: Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden

Rhénanie-Palatinat: Landesamt für Wasserwirtschaft, Mayence

Rhénanie-du-Nord-Westphalie: Landesumweltamt, Essen

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz

Pays-Bas: RIZA, Lelystad

Dans le cadre de ces travaux, les services susmentionnés ont recensé le macrozoobenthos dans différents secteurs représentatifs le long du Rhin (tab. 1). Les études ont été réalisées en hiver, au printemps, à l'été et en automne 2000. Des inventaires complémentaires effectués sur d'autres tronçons du Rhin ainsi que les données recueillies entre 1995 et 2001 viennent compléter la description globale du peuplement. Il a également été tenu compte de la bibliographie sur le macrozoobenthos pertinente pour cette période.

Tableau 1 Secteurs analysés

PK Rhin	Secteurs analysés	PK Rhin	Secteurs analysés	PK Rhin	Secteurs analysés
	<u>Haut Rhin</u>		<i>Rhin sup. septentrional</i>	640.0	Bad Honnef
29.0	Amont emb. Hemishofer Bach	360.0	Karlsruhe	641.0	Bad Honnef
56.0	Retenue Rheingau	361.5	Karlsruhe		
63.8	Amont emb. Thur (Ellikon)	363.0	Karlsruhe		<u>Rhin inférieur</u>
70.6	Amont emb. Töss., Tössegg	418.0	Alzey	654.0	Bonn
98.0	Rietheim, "Alt Rhi"	431.9	Ludwigshafen	681.0	Cologne-Westhoven
102.5	Aval emb. Aare (Waldshut)	434.4	Petersau	696.0	Cologne-Niehl
125.9	Amont emb. Sissle	435.5	Kirschgartshausen	701.0	Cologne-Merkenich
157.0	Amont sortie STEP Rhin (Pratteln)	435.7	Kirschgartshausen	734.0	Neuss-Grimlingshausen
168.0	Bâle	443.5	Pont après Worms	740.0	Düsseldorf
170.0	Bâle	479.5	Oppenheim	764.0	Krefeld-Uerdingen
171.5	Bâle	495.5	Mainz, amont Main	779.0	Homberg
	<u>Rhin supérieur</u>	496.0	Amont emb. Main	787.5	Walsum
	<i>Rhin supérieur méridional</i>	497.0	Aval emb. Main	798.0	Emb. Emscher
174.0	Echelle à poissons Kembs	504.0	Pont de Schierstein	850.0	Emmerich
174.5	Vieux Rhin Märkt	504.6	Schierstein	862.9	Lobith/Tolkamer
178.5	Amont écluse Kembs	509.0	Eltville	865.0	Kleve-Bimmen
180.3	Vieux Rhin Kembs	510.0	Eltville		
199.0	Vieux Rhin Neuenbourg	511.0	Eltville		<u>Delta du Rhin</u>
218.0	Vieux Rhin Vieux-Brisach			912.0	Rhenen
220.0	Vieux-Brisach	540.0	<u>Rhin moyen</u>	982.0	Lekkerkerk
224.3	Vogelgrün, amont barrage	546.0	Lorch amont emb. Wisper	951.0	Vuren (Waal)
254.0	Vieux Rhin, Rhinau	550.0	Kaub	885.0	Velp (Issel)
272.5	Vieux Rhin, Ottenheim	555.0	Oberwesel	1000.0	Kampen (Issel)
291.0	Vieux Rhin, Marlen	580.0	Loreley		
309.2	Gambsh. (canal) aval barrage	590.0	Braubach		
313.0	Grauelsbaum	590.5	Coblence, amont Moselle		
316.0	Grauelsbaum	591.6	Coblence-Ehrenbreitstein		
317.8	Grauelsbaum	592.9	Coblence-Lützel		
354.0	Neuburg	593.5	Coblence, aval Moselle		
		620.0	Brohl		

3 Méthode

Pour analyser la qualité et la quantité de macrozoobenthos, les responsables ont utilisé différentes techniques en fonction des particularités des sites :

- collecte directe de pierres ou kicksampling avec épuisette
- analyse faite à partir du bateau à l'aide d'un grappin polype/d'une drague
- prélèvements effectués à l'aide de plongeurs
- utilisation de la cage et de la cloche à plongeur.

Pour recenser le benthos représentatif, les échantillons de benthos ont été prélevés à chaque fois sur le type de substrat dominant.

4 Caractéristiques des tronçons du Rhin analysés

Selon les conditions hydrologiques et géomorphologiques en présence, le Rhin entre le lac de Constance et l'embouchure de la mer du Nord est subdivisé comme suit :

Le **haut-Rhin** (lac de Constance – Bâle) était initialement caractérisé par une forte pente, des tronçons à fond de substrat grossier ou rocheux et des cascades et rapides (chutes de Schaffhouse, rapides de Laufenbourg). Aux fins de production d'énergie hydraulique, on a construit à partir de la fin du 19^{ème} siècle 11 usines hydro-électriques et quelques barrages auxiliaires qui ont sensiblement modifié le caractère du haut Rhin. Sur de longues distances, notamment dans les tronçons de remous entre les usines hydroélectriques, le haut Rhin est

devenu un cours d'eau lent dans lequel se déposent des sédiments sablonneux et vaseux. Le haut Rhin navigable commence en aval du pont de Rheinfelden. On trouve encore sporadiquement entre le lac de Constance et l'embouchure de la Thur, ainsi qu'en amont de l'Aare, des segments rapides et turbulents à caractère quasi naturel avec des mosaïques de substrat caillouteux diversifiées.

Au début du 19^{ème} siècle, le **Rhin supérieur méridional** (Bâle – Karlsruhe) était encore un fleuve sauvage naturel composé de nombreux bras (zone de ramification) parcourant une zone alluviale pouvant atteindre une largeur de 6 km et remodelant le cours après chaque crue. A la suite de la correction du Rhin par Tulla (1817 – 1874), on a confiné le Rhin dans un lit étroit pour des raisons ayant trait à l'occupation des sols et l'aménagement du territoire. Ce phénomène a multiplié par vingt l'érosion du fond du fleuve, notamment en aval de Bâle, et fait descendre la nappe souterraine au-dessous de la zone radiculaire des arbres. Le Grand Canal d'Alsace (1927 – 1959), qui est parallèle au tronçon appelé Vieux Rhin, a été construit entre Bâle et Vieux-Brisach afin qu'il soit possible de produire de l'énergie et d'améliorer la navigation. Ce Vieux Rhin, qui n'est pas navigable, est le dernier tronçon de fleuve aux eaux courants sur le Rhin supérieur méridional. Pour soutenir le niveau de la nappe souterraine, on a renoncé à poursuivre la construction du canal parallèle entre Vieux-Brisach et Strasbourg ; on a remplacé ce plan initial par l'aménagement dit en festons ; cet aménagement est conçu de façon à ce que les festons du canal débouchent à nouveau dans l'ancien lit. Dans les autres tronçons du Vieux Rhin, le niveau des eaux est soutenu par des seuils. En aval de Strasbourg, le Rhin est totalement canalisé jusqu'à Iffezheim, dernier barrage sur le Rhin. Le lit du Rhin supérieur méridional se compose de matériaux grossiers, et même de rochers à hauteur du seuil d'Istein (Vieux Rhin). Des sédiments fins se déposent dans les retenues. Dans les tronçons du Vieux Rhin, les rives sont relativement naturelles alors que dans les autres secteurs elles sont consolidées par des enrochements et du béton.

Dans le **Rhin supérieur septentrional** (Karlsruhe – Bingen), la pente s'affaiblit. Initialement, le fleuve formait des méandres de 2 à 7 km en changeant fréquemment de lit, phénomène dû aux conditions morphologiques en présence. Depuis le siècle passé, le cours du Rhin a été fixé par la construction d'épis et sensiblement raccourci par la coupure de plusieurs méandres du Rhin. Le Rhin supérieur septentrional est caractérisé aujourd'hui par de nombreux vieux bras (en partie dégravoyés) qui ne sont que partiellement raccordés au Rhin et alimentés par ce dernier (lors de crues). Sur le tronçon entre Oppenheim et Bingen (Rheingau), les processus de sédimentation dominant du fait de la faible pente et entraînent la formation d'îles étirées.

Dès qu'il quitte le Rheingau pour entrer dans le Massif schisteux rhénan par le biais de la „Binger Pforte“, le **Rhin moyen** (Bingen – Bonn) passe soudainement d'un fleuve de plaine au courant lent et accusant une part élevée de sédiments fins à un fleuve montagneux au courant rapide et au fond rocheux. Les interventions anthropiques se limitent ici aux dynamitages de rochers et à la consolidation des rives par le biais d'enrochements.

Le **Rhin inférieur** (Bonn – Bimmen) présente une certaine similitude avec le Rhin supérieur septentrional du fait de la pente comparable. Toutefois, les méandres sont beaucoup plus larges en raison du débit plus élevé des hautes eaux. Depuis le Moyen Age, le Rhin inférieur est resserré par des digues ; les rives ont été consolidées, les bras latéraux aménagés et les îles raccordées aux rives. Au siècle passé, les eaux moyennes ont été régularisées par des épis. Par ailleurs, le Rhin inférieur est caractérisé par des zones dégravoyées en avant des digues et en partie raccordées au Rhin. L'éventail des matériaux composant le lit du Rhin inférieur va du gravier au sable.

Le **delta du Rhin** s'étend de la frontière germano-néerlandaise à l'embouchure de la mer du Nord. La zone d'embouchure était initialement caractérisée par un grand nombre de talwegs reliés les uns aux autres. La ligne côtière se composait de nombreuses îles. Afin de conquérir des

terres sur la mer, on a commencé à partir du 8ème siècle à endiguer les îles, à assécher et dessaler les régions marécageuses et à ériger des digues intérieures et terminales (ces dernières avec des écluses, p.ex. à Haringvliet et Osterschelde) en utilisant des techniques de plus en plus efficaces. Les rives du delta du Rhin sont consolidées par des épis et des enrochements, le lit du fleuve se compose de sable ou de limon.

5 Distribution faunistique

5.1 Généralités

Plus de 300 espèces ou taxons supérieurs ont été détectés sur l'ensemble du Rhin (voir annexe). Les **chiffres** les plus élevés de **taxons** ont été constatés dans la partie amont du haut Rhin et les plus faibles dans le Rhin inférieur et le delta du Rhin (fig. 1).

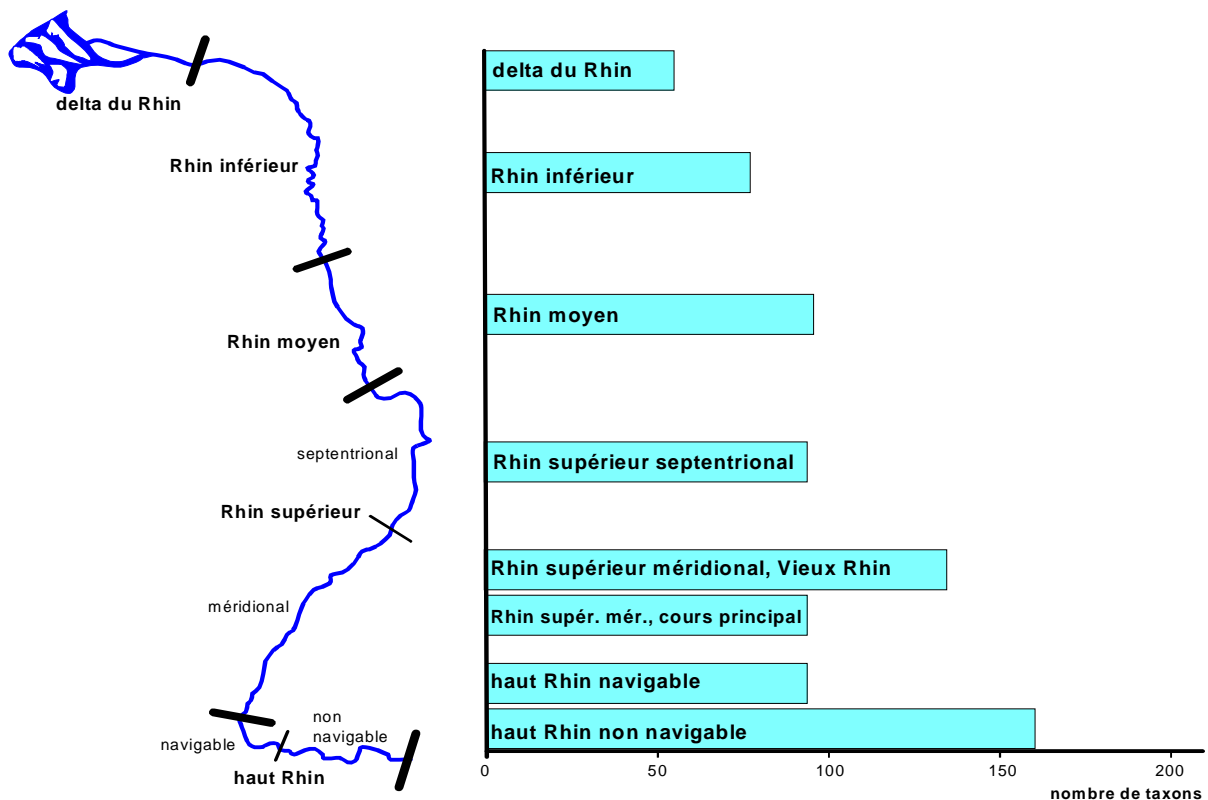


Fig. 1.: Nombre de taxons sur le profil longitudinal du Rhin en l'an 2000 ; sélection de groupes faunistiques

La **densité d'individus par m² de surface analysée** varie sensiblement en fonction du tronçon du Rhin, de la localisation sur le profil transversal et de la saison et se situe entre quelques individus par m² et plusieurs dizaines de milliers d'individus par m².

Sur le **profil longitudinal**, on ne peut pas ou guère reconnaître de structure biocénotique naturelle, mis à part le haut Rhin dont la distribution faunistique diffère sensiblement des autres tronçons. Ainsi, le pourcentage potamal de la biocénose passe seulement de 51 à 69 % entre la partie aval du haut Rhin et le Rhin inférieur (fig. 2). La communauté des espèces se déplace encore plus vers le potamal dans le delta du Rhin. On reconnaît également avec netteté le caractère rhithréal ou épipotamal du tronçon amont du haut Rhin. Les variations locales dans la composition de la biocénose sont généralement dues à différentes pollutions des eaux, à des structures morphologiques particulières ou à l'impact de certains affluents.

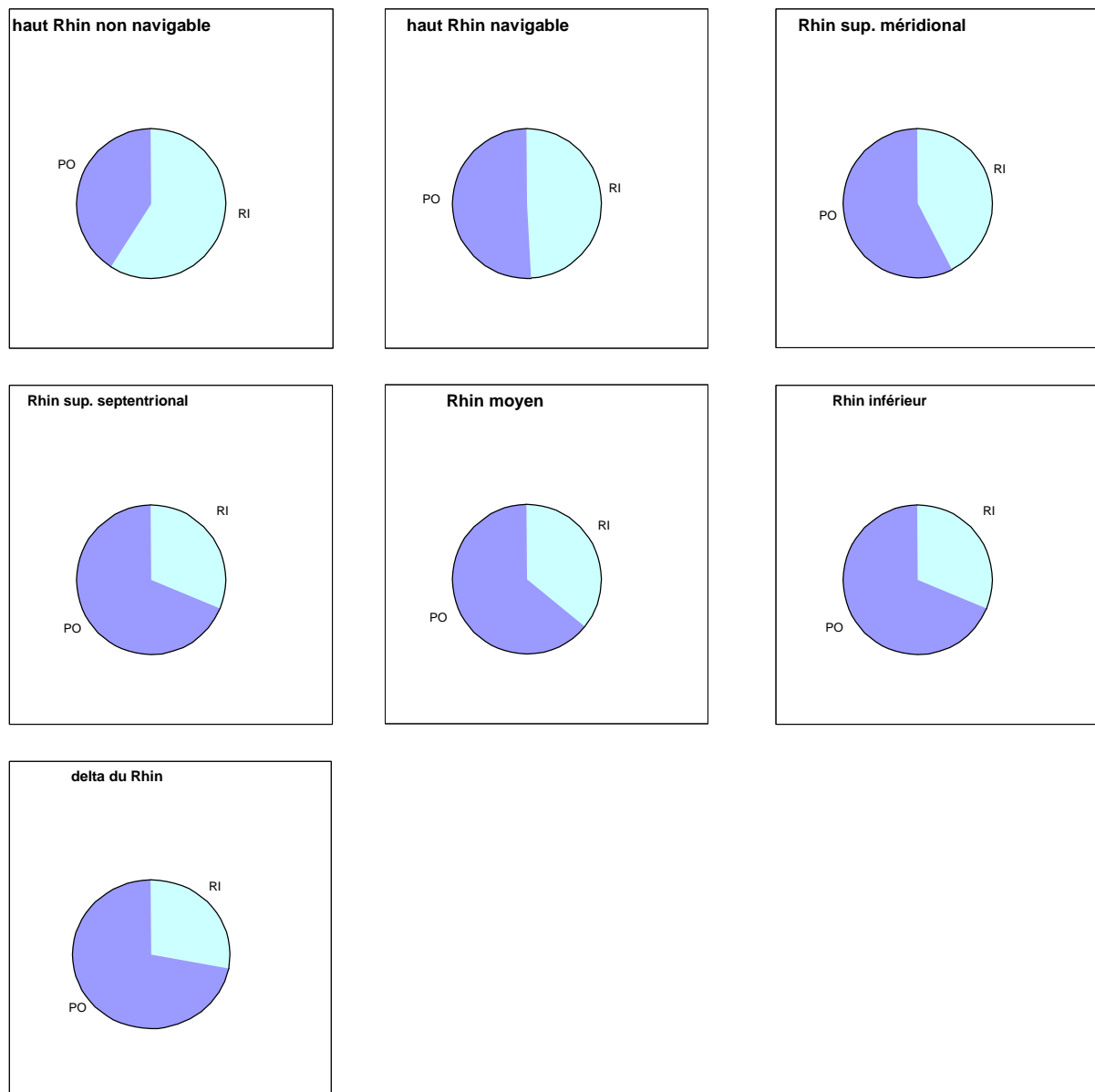


Fig. 2: Répartition du macrozoobenthos en fonction de régions biocénétiques sur le profil longitudinal du Rhin, évaluation par classe d'abondance, RI = rhithéal (pourcentage des espèces de cours amont), PO = potamal (pourcentage des espèces de cours aval)

L'uniformisation de la biocénose est également visible lorsqu'on procède à une subdivision fonctionnelle en fonction des **types d'alimentation**. Les tronçons navigables du Rhin ne divergent pas sensiblement (fig. 3). D'un point de vue nutritionnel, la plupart des organismes sont des filtreurs, prédateurs, brouteurs ou sédimentophages. L'uniformisation de la biocénose est due à l'aménagement des cours d'eau, à la pollution et à la migration de néozoaires. La migration d'espèces animales allochtones, notamment, a modifié de manière déterminante la biocénose du Rhin au cours des 10 dernières années ; cette question est traitée en détail au chapitre 6.1.

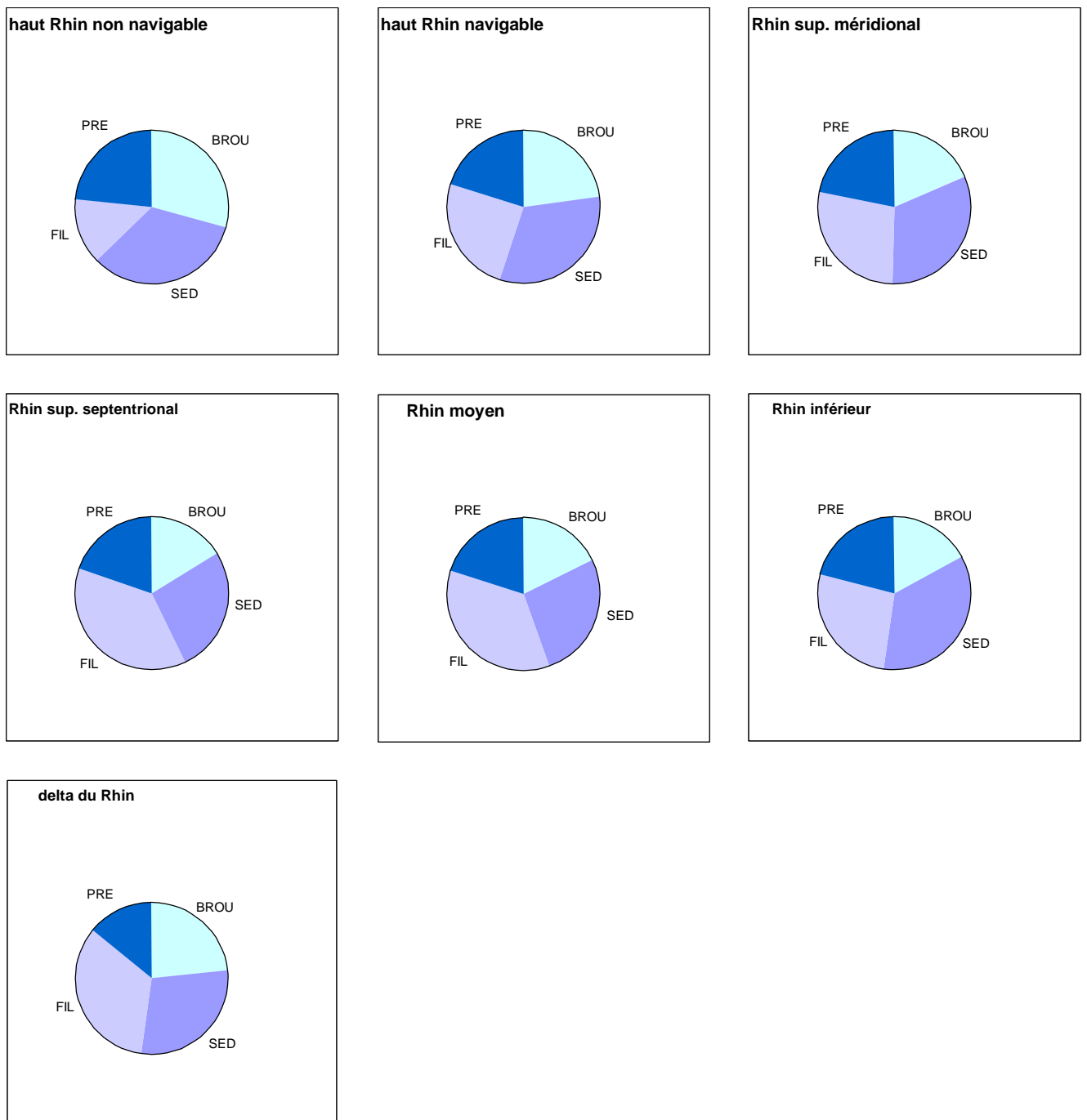


Fig. 3: Répartition en fonction des types d'alimentation sur le profil longitudinal du Rhin ; évaluation par classe d'abondance. BROU: brouteurs, RED: réducteurs, SED: sédimentophages, FIL: filtreurs/ animaux se nourrissant par des courants ciliaires, PRE: prédateurs

Sur le **profil transversal**, la biocénose occupe essentiellement les grosses pierres stables présentes le long des rives sous forme d'éboulis (fig. 4). Tant en total d'espèces qu'en densité, les macroinvertébrés sessiles ou semi-sessiles dominent, puisqu'ils trouvent ici des substrats de colonisation appropriés. Par contre, seules quelques espèces colonisent le fond du fleuve. Les conditions sont extrêmement défavorables pour la plus grande partie des macrozoaires, le charriage plus important dans ce tronçon entraînant un bouleversement continu du fond du fleuve. Ces zones sont peuplées par des espèces résistantes au charriage, en général des chironomides et des oligochètes, également capables de coloniser les couches plus profondes du fond du fleuve où le substrat n'est pas en mouvement. Le haut Rhin constitue une exception. Ici, sur de grands segments à l'intérieur des fronçons à écoulement quasi naturel, les peuplements du fond graveleux sont presque aussi riches en espèces et en individus que ceux des rives à grande

diversité morphologique. Les zones sans grand charriage, p.ex. celles situées en amont des retenues, s'écartent également de la répartition typique du peuplement, présentée dans la fig. 4.

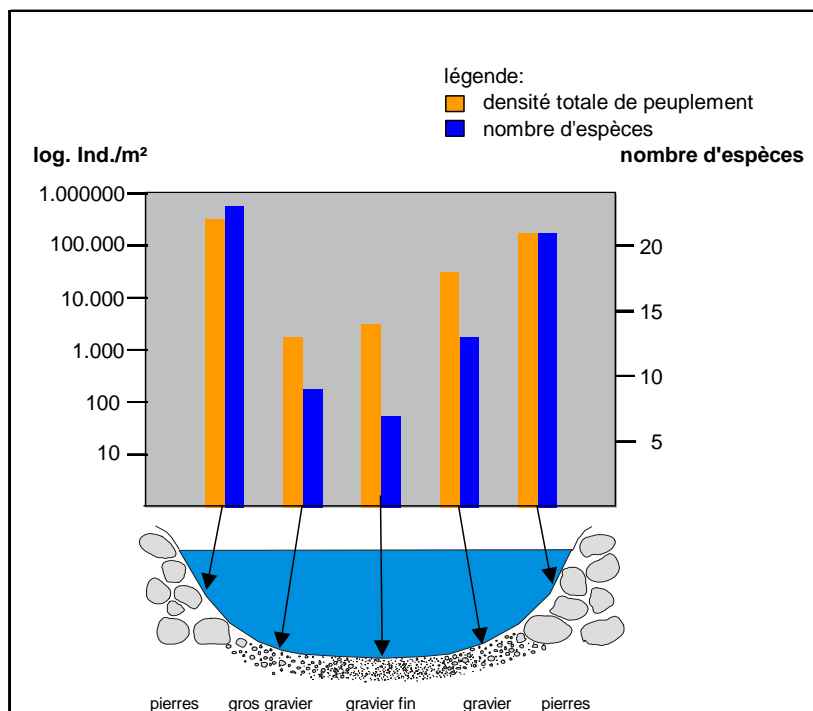


Fig. 4: Peuplement faunistique sur le profil transversal à hauteur de Mannheim, PK Rhin 418,0

5.2 Peuplement faunistique des différents tronçons du Rhin

La biocénose des différents tronçons du Rhin est décrite plus en détail dans les paragraphes suivants. Cette description prend également en compte les particularités et les différences locales des peuplements. Une liste complète des espèces des macroinvertébrés du Rhin figure en annexe 10.

5.2.1 Haut Rhin

De tous les tronçons du Rhin, la **partie non navigable du haut Rhin** est celle dont la diversité d'espèces est la plus grande (fig. 1). On y trouve les éléments caractéristiques de la faune épiptamale absents ou rares dans les autres tronçons, par exemple le turbellarié *Dugesia gonocephala*, le microcrustacé *Gammarus fossarum*, les éphéméroptères *Potamanthus luteus*, *Habroleptoides confusa*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ecdyonurus sp.* ainsi que plusieurs espèces du genre *Baetis*. On constate également la présence de plécoptères tels que *Perlodes sp.*, *Leuctra sp.*, *Nemoura sp.*, et *Amphinemura sp.*, de même que des trichoptères des genres *Sericostoma*, *Glossosoma* et *Silo*. Ces taxons ont une prédilection pour les quelques tronçons qui offrent encore une grande diversité de courant et un substrat de gros graviers (p.ex. sortie du lac de Constance et le tronçon en amont du débouché de l'Aare). En revanche, dans les zones fortement envasées que l'on trouve au niveau du plan d'eau de retenue des usines hydroélectriques, les populations de tubificidés notamment peuvent atteindre une forte densité d'individus. En particulier sur les rives, de nombreux mollusques trouvent des conditions de vie idéales : un niveau d'eau constant, une vitesse de courant fortement réduite et un substrat végétal sur les rebords des rives. Dans les tronçons à écoulement libre subsistant entre le lac de Constance et l'embouchure de l'Aare, les plantes aquatiques constituent un habitat supplémentaire pour les microorganismes.

A hauteur de Hemishofen sur le haut Rhin, le bivalve migrateur (*Dreissena polymorpha*), que l'on détecte sur l'ensemble du Rhin, se regroupe encore en bancs sur des surfaces étendues, bien que la densité des peuplements soit en forte régression. Ce bivalve filtreur profite de la dérive des matériaux organiques provenant du lac de Constance. La densité de sa population baisse donc à mesure qu'augmente la distance qui le sépare du lac de Constance.

Alors que dans la partie amont du haut Rhin la faune semble rester à un niveau constant par rapport à 1995, le peuplement du **haut Rhin navigable** se modifie à partir de Rheinfelden sous l'impact de la navigation. Ce tronçon, comme les autres secteurs du Rhin également, est ici caractérisé par des néozoaires tels que *Corophium curvispinum*, *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida*, *Corbicula sp.* et *Jaera istri*. Ces espèces constituent à certains endroits plus de 80% de la biomasse et parfois plus de 95 % du peuplement total (chap. 6.1).

Theodoxus fluviatilis, le gastéropode encore le plus fréquent en 1995 dans l'agglomération de Bâle, n'est plus détecté qu'à un seul endroit près de Rheinfelden. Cette espèce, qui avait pratiquement disparu dans les années 70, s'était ensuite reconstituée dans le haut Rhin, parallèlement à l'amélioration de la qualité des eaux du Rhin, à partir d'une population relictuelle subsistant dans le Rhin supérieur méridional. Elle est aujourd'hui à nouveau globalement en phase de déclin (chap. 6.2).

5.2.2 Rhin supérieur méridional

Le Rhin supérieur méridional se compose du Vieux Rhin et du cours principal. Le **Vieux Rhin** et les **festons du Vieux Rhin** sont relativement bien colonisés, ce qui est dû à leur diversité structurelle relative : on y note la présence de nombreuses espèces d'odonates (*p.ex.* *Ophiogomphus cecilia*). Dans le tronçon amont, la biocénose est influencée par la proximité du haut Rhin. Ainsi, c'est à hauteur de Strasbourg environ qu'est atteinte la limite septentrionale de distribution de *Potamanthus luteus*, un éphéméroptère typique du haut Rhin, de même que celle du trichoptère *Cheumatopsyche lepida* (fig. 5). D'autres éléments de la faune épipotamale sont l'éphéméroptère *Paraleptophlebia submarginata* et le trichoptère *Goera pilosa*. La présence de trois espèces du genre d'éphéméroptères fouisseurs *Ephemera* est digne d'être mentionnée. Alors qu'*Ephemera vulgata*, espèce potamale typique, et *E. danica*, espèce présente dans le tronçon amont, vivent dans les zones à fort courant, *E. glaucops* colonise principalement les zones dégravoyées. Dans les tronçons plus calmes des festons du Vieux Rhin, on note la présence d'espèces lenticques comme le gastéropode *Lymnea stagnalis* et l'éphéméroptère *Caenis horaria*. Le mollusque *Theodoxus fluviatilis* n'a plus été détecté qu'à un seul endroit dans ce tronçon.

Sur la partie française du Rhin, 23 espèces sur 175 n'ont été trouvées que dans les annexes hydrauliques reconnectées au Rhin. Ce résultat fait apparaître l'importance écologique significative de mesures de restauration consistant à raccorder hydrauliquement le cours principal aux affluents déconnectés.

Dans le **Grand Canal d'Alsace** (Bâle-Vieux-Brisach), parallèle au Vieux Rhin, les espèces sont nettement moins nombreuses que dans le Vieux Rhin en raison de la structure morphologique et physiographique monotone en présence. On note en particulier l'absence de larve d'odonates (figures 1 et 6). Alors que pendant la période non végétative les parois du Canal ne sont pratiquement pas colonisées, on note en été la présence de quelques macrozoaires (*p.ex.* *Psychomyia pusilla*) sur les parois de béton recouvertes de chlorophycées à cette période. A partir de Strasbourg, dans le **Rhin canalisé** caractérisé par un faible charriage, le fond du fleuve est colonisé par le trichoptère *Hydropsyche contubernalis*. Cette espèce étend sur les pierres des filets dans lesquels elle intercepte la nourriture apportée par le courant.

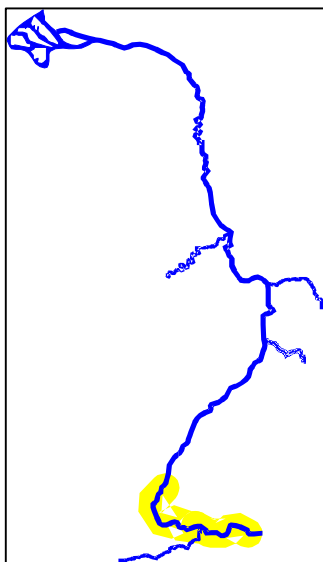


Fig. 5: Distribution de *Potamanthus luteus* dans le Rhin

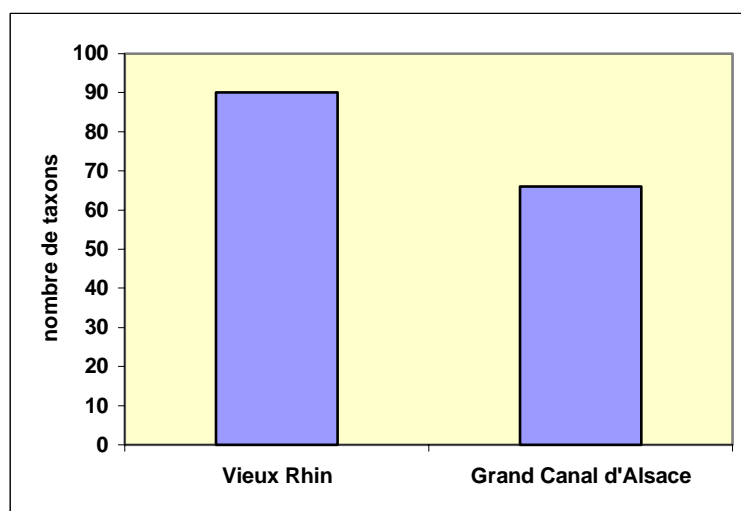


Figure 6 : nombre de taxons dans le Vieux Rhin et dans le Grand Canal d'Alsace à hauteur de Kembs (tronçon français)

5.2.3 Rhin supérieur septentrional

On a détecté au total 95 espèces (exception faite des oligochètes et des chironomides) dans le Rhin supérieur septentrional. Les organismes les plus abondants sont ceux que l'on retrouve sur l'ensemble du Rhin en grand nombre, comme p.ex. les microcrustacés *Dikerogammarus villosus*, *Echinogammarus ischnus* et *Corophium curvispinum*. Parmi les espèces courantes de ce tronçon du Rhin, on trouve également le bivalve *Corbicula fluminea*, la dreissène polymorphe *Dreissena polymorpha* et le grand gastéropode *Bithynia tentaculata* (fig. 7). A peu près à partir de **l'embouchure du Neckar**, on note en aval la présence de l'éphéméroptère *Ephoron virgo* sur le substrat graveleux (fig. 8). Cet éphéméroptère fouisseur est à l'origine de ces célèbres nuées massives du mois d'août dont on retrouve la description dans de nombreux ouvrages. Il convient également de mentionner la présence du bivalve *Sphaerium rivicola* en aval de Ludwigshafen. Cette espèce n'a pu être détectée en l'an 2000 que dans le Rhin moyen. Parmi les nouveaux venus, on note la présence de larves d'insectes potamobiontes tels que *Brachycentrus subnubilus* et *Baetis pentapleboides*.

Dans les nombreux **anciens bras** reliés au Rhin supérieur, on trouve régulièrement les espèces de grands bivalves *Unio pictorum*, *Unio tumidus* et *Anodonta anatina* ou *Anodonta cygnea*, de même que la crevette d'eau douce *Athyaeophysa desmaresti*.

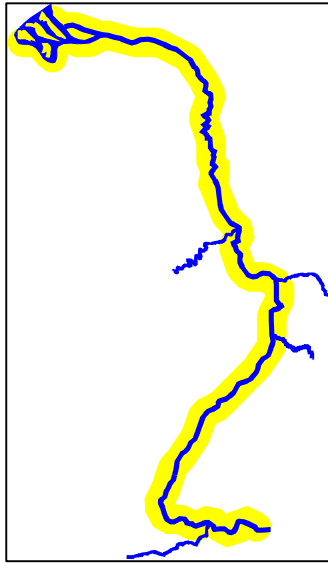


Fig. 7: Distribution de *Bithynia tentaculata* dans le Rhin

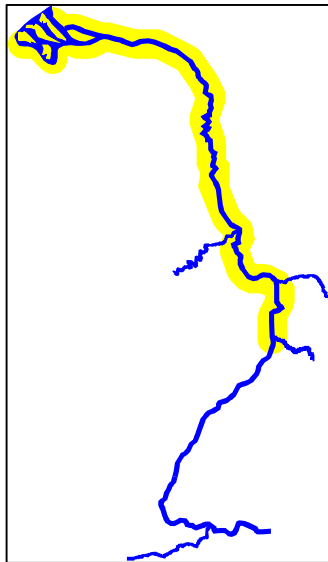


Fig. 8: Distribution de *Ephoron virgo* dans le Rhin

5.2.4 Rhin moyen

La plupart des 96 espèces (à l'exception des oligochètes et des chironomides) recensées dans le Rhin moyen sont des espèces communes et abondantes qui colonisent les grands fleuves et sont peu exigeantes quant à la qualité des habitats aquatiques qu'elles occupent. C'est pourquoi la biocénose ressemble ici à celle rencontrée dans le Rhin supérieur septentrional. Le caractère épiptamal de ce tronçon du Rhin ne se reflète que partiellement dans la zoocénose. On peut citer ici comme représentants de cette faune épiptamale *Cheumatopsyche lepida* ainsi que des éléments relictuels de *Potamanthus luteus* dans le bras du Rhin rive gauche derrière l'île sur laquelle se trouve la 'Mäuseturm', dans le chenal de Kaub ainsi que dans un affluent à hauteur de Vallendar. Ces sites ne sont pas perturbés par la navigation et font ressortir l'importance écologique de tels tronçons bien alimentés en eau et non influencés par la navigation. Les espèces susmentionnées trouvent visiblement refuge dans les plus grands affluents tels que la Nahe, la Lahn, la Wied et l'Ahr.

On trouve derrière les ouvrages parallèles, à Bingen ou Osterspay p.ex., les crevettes d'eau douce *Limnomysis benedeni* et *Hemimysis anomala*, des espèces pontocaspennes ayant rejoint le Rhin par le biais du canal reliant le Main au Danube. Dans les zones calmes des 'Binger Kribben', on a constaté la présence du gastéropode rare *Bithynia leachii*. On mentionnera aussi la présence du bivalve *Sphaerium solidum* à hauteur de Coblenze et de Neuwied dans des bras latéraux raccordés au Rhin, faiblement alimentés en eau et situés en dehors du chenal de navigation. A Coblenze, des populations de *Theodoxus* ont séjourné dans le 'Rheinlache' jusqu'en 1998.

5.2.5 Rhin inférieur

Par rapport au Rhin moyen, la baisse du nombre des espèces se poursuit dans le Rhin inférieur. Les espèces fréquemment observées sont celles largement répandues dans le Rhin, comme *Jaera istri*, *Dikerogammarus villosus* et *Corophium curvispinum*. Dans les zones à fort courant, on trouve également le gastéropode *Ancylus fluviatilis*. Les éphéméroptères (*Heptagenia sulphurea*, *Ephoron virgo*) et trichoptères (*Hydropsyche contubernalis*, *H. bulgaromanorum*, *Psychomyia pusilla*), et, de manière plus sporadique, les larves de coléoptères sont les éléments typiques de la faune potamale peuplant le Rhin inférieur. Dans les champs d'épis, on a constaté la présence isolée de grands bivalves *Pseudanodonta complanata* et *Unio crassus*, des espèces plutôt rares voire disparues du Rhin. En revanche, on trouve fréquemment *Unio Pictorum* et *Anodonta cygnea*. On note par ailleurs régulièrement des peuplements denses du coquillage *Corbicula fluminea*. Les espèces sessiles tels que les bryozoaires (*Fredericiella sultana*, *Paludicella articulata*, *Plumatella emarginata*, *Plumatella repens*) et les spongiaires d'eau douce du genre *Spongilla* sont également caractéristiques du Rhin inférieur. Ces organismes à classer dans la catégorie nutritionnelle des filtreurs contribuent pour une part importante à l'auto-épuration du Rhin. Sur les berges convexes douces composées de sable et de gravier, on trouve fréquemment dans les zones protégées des vagues deux espèces d'odonates typiques du milieu fluvial, comme c'est le cas également dans le Rhin supérieur septentrional et le Rhin moyen : le gomphe à pattes jaunes (*Gomphus flavipes*) et le gomphe vulgaire (*Gomphus vulgatissimus*). Ces deux espèces se font fortement propagées dans le Rhin au cours des cinq dernières années.

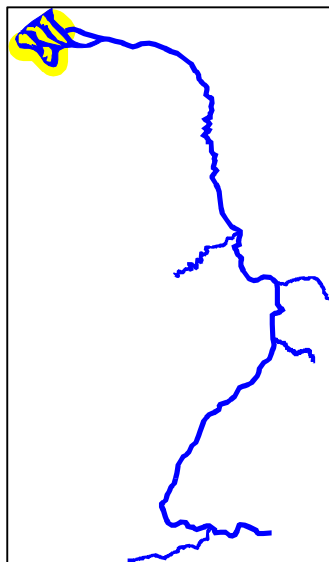


Fig. 9: Distribution de *Palaemon longirostris* dans le Rhin

5.2.6 Delta du Rhin

Le substrat sablonneux du delta du Rhin se distingue principalement par une faune abondante en chironomides et en oligochètes. Les espèces potamales typiques de chironomides *Kloosia pusilla* et *Robackia demeijerei* sont particulièrement abondantes dans les zones à fort courant, au substrat fin et en mouvement continu. Alors que les zones à faible courant sont principalement

colonisées par les tubificidés, on trouve dans le chenal de navigation des enchytraeidés ainsi que *Propappus volki*, espèces spécifiques de ces habitats en mesure d'occuper des biotopes aux conditions extrêmes caractérisés par un fort charriage. On note également dans le sable la présence de nombreuses espèces de petits bivalves (*Pisidium henslowanum*, *Pisidium moitessierianum*, *Pisidium nitidum*). Sur le substrat dur, on retrouve dans le delta du Rhin une biocénose analogue à celle du Rhin inférieur, où l'on rencontre fréquemment *Corophium curvispinum* et un ubiquiste d'eau douce de la famille de chironomides *Dicrotendipes nervosus*.

Avec des concentrations de sels variant en permanence, la **zone d'eau saumâtre** en aval du delta du Rhin confronte les organismes à de dures conditions d'osmorégulation, ce qui explique pourquoi elle n'est peuplée que d'un nombre restreint d'espèces aux propriétés euryhalines extrêmes. A côté de *Corophium multisetosum* et de *Corophium volutator*, on rencontre ainsi d'autres espèces typiques des zones saumâtres telles que le crustacé *Rhithropanopeus harrisii* et la crevette *Palaemon longirostris*, qui remontent le fleuve sur de grandes distances. On a ainsi détecté la présence de *R. harrisii* jusqu'à Rees, celle de *P. longirostris* jusqu'à Nimègue, c'est-à-dire à plus de 150 km de l'embouchure (fig. 9). Les individus isolés appartenant à ces deux espèces et détectés à hauteur de Cologne ont probablement été transportés par le biais de la navigation.

6 Evolution de la biocénose du Rhin

Il est fait état ci-dessous des évolutions survenues entre 1990 et l'an 2000.

6.1 Néozoaires

D'après la définition communément acceptée, les néozoaires sont des animaux qui, depuis le début des temps modernes (1492) ont rejoint, avec la participation directe ou indirecte des hommes, une zone faunistique qui ne leur était pas accessible auparavant et y ont constitué de nouvelles populations. L'intervention anthropique voulue ou non dans la propagation des néozoaires peut être directe (p.ex. comme vecteur) ou indirecte (p.ex. en modifiant des habitats). Le succès ou l'échec d'une telle colonisation ne peuvent guère être pronostiqués. Il s'agit plutôt d'un raccroc spatio-temporel entre la probabilité de propagation et le milieu en présence. On peut partir du principe que la plupart des essais de propagation échouent. Divers experts considèrent pour leur part la migration des néozoaires de manière controversée, soit comme enrichissement soit comme déséquilibre de la faune naturelle.

De nombreuses espèces animales provenant de régions faunistiques allochtones ont également colonisé le Rhin dans les années 90, avec des biomasses souvent très importantes. Ces migrations ont entraîné de multiples restructurations de la biocénose du Rhin (tableau 2). Les espèces se propagent dans le Rhin, mais également à contre-courant avec le trafic fluvial. C'est notamment dans les filtres des eaux de refroidissement des bateaux à moteur que se rassemblent les macroinvertébrés, relâchés lors du nettoyage des filtres parfois loin de leur lieu d'origine. Les principaux néozoaires qui ont rejoint le Rhin depuis 1990 sont décrits ci-dessous.

Tab. 2: Liste des néozoaires détectés dans le Rhin en l'an 2000; les espèces immigrées vers 1900 et après cette date sont signalées en rouge

Taxons	Origine	Mode de propagation	Observations	Première apparition documentée dans le bassin du Rhin et dans d'autres cours d'eau d'Allemagne
Coelenterata				
<i>Cordylophora caspia</i>	bassin pontocaspien	bateaux	halotolérant	1934 (Ruhr)
Turbellaria				
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>	bassin pontocaspien	bateaux, oiseaux		1994 (Danube), 1994 (Main), 1997 (Rhin)
<i>Dugesia tigrina</i>	Amérique du Nord	aquarophiles, bateaux	euryèce, thermophile	1934 (Rhin)
Gastropoda				
<i>Viviparus viviparus</i>	Europe de l'Est	bateaux, oiseaux	pélophile,	implantation à partir d'une population relictuelle vers 1900 (canal de la mer du Nord à la Baltique)
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nouvelle-Zélande	bateaux, oiseaux, poissons	halotolérant	
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	bassin pontocaspien (région du Dnjepr)	bateaux, oiseaux, poissons	pélophile,	implantation à partir d'une population relictuelle
<i>Ferrissia wautieri</i>	Europe du Sud-Est	bateaux, oiseaux		1952 (Elbe)
<i>Physella acuta</i>	Europe du Sud-Ouest	aquarophiles, bateaux	euryèce	1904 (Rhin)
Bivalvia				
<i>Corbicula fluminea</i> et <i>C. fluminalis</i>	incertaine Asie, éventuellement via l'Amérique du Nord	bateaux, éventuellement relâché	halotolérant, thermophile	1983 (Weser), 1988 (Rhin)
<i>Dreissena polymorpha</i>	bassin pontocaspien	bateaux, stade pélagique larvaire	lithophile, halotolérant	1826 (delta du Rhin)
Oligochaeta				
<i>Branchiura sowerbyi</i>	Asie du Sud	aquarophiles, bateaux	thermophile, pélophile	1961 (Rhin)
Hirudinea				
<i>Caspiobdella fadejewi</i>	bassin pontocaspien	poissons d'alevinage, bateaux, migration	ectoparasite des poissons	1993 (Danube), 1998 (Rhin)
<i>Barbronia weberi</i>	Asie du Sud	déplacement	thermophile, euryèce	1994 (Rhin)
Polychaeta				
<i>Hypania invalida</i>	bassin pontocaspien	bateaux	pélophile, semisessile	1958 (Danube), 1996 (Rhin)
Crustacea				
<i>Hemimysis anomala</i>	bassin pontocaspien	relâchage, bateaux, migration	halotolérant	1997 (Rhin)
<i>Limnomyia benedeni</i>	bassin pontocaspien	bateaux, migration	oligohalin	1994 (Danube) 1997 (Rhin)
<i>Chaetogammarus ischnus</i>	bassin pontocaspien	bateaux, migration	halotolérant, eurytherme	1977 (canal Dortmund-Ems) 1989 (Rhin)
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amérique du Nord	oiseaux, bateaux	hivernation dans la vase	1992 (Rhin)
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	bassin pontocaspien	bateaux, migration		1987 (Danube), 1994 (Rhin)
<i>Dikerogammarus villosus</i>	bassin pontocaspien	bateaux, migration		1991 (Danube), 1995 (Rhin)
<i>Echinogammarus berilloni</i>	espace méditerranéen	bateaux, migration	eurytherme	1924 (Lippe)
<i>Gammarus tigrinus</i>	Amérique du Nord	relâchage, bateaux, migration	halophile	1957 (Weser)
<i>Corophium curvispinum</i>	bassin pontocaspien	bateaux	halotolérant, indicateur trophique	1988 (Rhin)
<i>Jaera istri</i>	bassin pontocaspien	bateaux	rhéophile	1958 (Danube) 1995 (Rhin)
<i>Proasellus coxalis</i>	espace méditerranéen	bateaux, migration	halotolérant	1931 (bassin du Rhin inférieur)
<i>Atyaephyra desmaresti</i>	espace méditerranéen	bateaux, migration	phytophile, eurytherme, euryhalin	1932 (bassin du Rhin inférieur)
<i>Orconectes limosus</i>	Amérique du Nord	relâchage, bateaux, migration	en grande partie immunisé contre la peste des écrevisses	1932 (Rhin)
<i>Eriocheir sinensis</i>	Asie du Sud	bateaux, migration	halophile, eurytherme	1926 (Rhin)
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Amérique du Nord	bateaux, migration	euryhalin	1993 (Rhin)

Corbicula fluminea

Le bivalve *Corbicula fluminea* est originaire de régions faunistiques de l'Asie du sud-est et africaines. Au cours des dernières décennies, son aire de propagation s'est considérablement élargie en Amérique et en Europe du fait de l'intervention humaine. Cette espèce colonise le Rhin depuis la fin des années 80 à partir de l'embouchure (fig. 10). Elle atteint Bâle en 1994. Le taux de reproduction élevé (plus de 5000 stades de larves incubées par individu avec au moins deux générations par an, démontré à l'exemple des populations dans le Rhin) contribue certainement à la propagation rapide de cette espèce. Dans le Rhin, ce bivalve fait à présent partie des mollusques les plus fréquents. Les animaux colonisent en particulier le lit sablonneux et graveleux du fleuve; ils sont relativement bien protégés contre le charriage du fait de leur robuste coquille. Il n'est pas rare d'observer des densités moyennes de population de plus de 500 individus/m² (fig. 11), voire même des abondances de plus de 1000 individus/m² au niveau local. En Amérique du Nord et en Allemagne, il a été démontré que cette espèce ne pouvait s'implanter que là où la température de l'eau ne tombait pas au-dessous de 2°C pendant une période prolongée en hiver. La propagation rapide de *C. fluminea* dans le Rhin a été rendue possible et encouragée par l'augmentation anthropique de la température minimale en hiver, p.ex. sous l'effet des rejets d'eaux de refroidissement des centrales (fig. 2 et 3). Jusqu'à présent, il n'a pas été clairement démontré que cette augmentation fulgurante de *C. fluminea* avait un impact sur le reste de la biocénose, la nourriture (plancton) et les habitats sablonneux et graveleux étant présents en quantités suffisantes dans les grands cours d'eau.

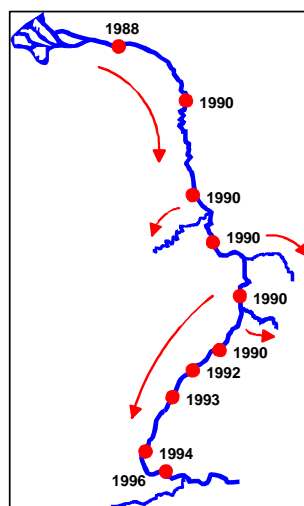


Fig. 10: Distribution de *Corbicula fluminea* dans le Rhin

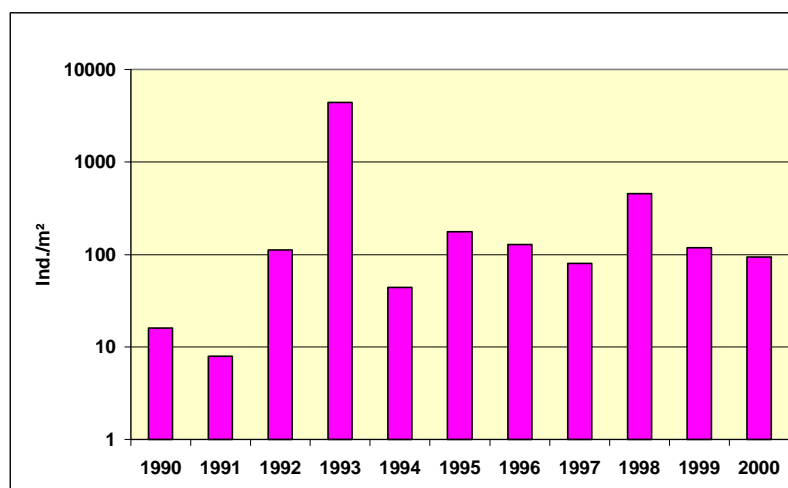


Fig. 11 : Densité des populations de *Corbicula fluminea* dans le Rhin en aval de Duisbourg, PK 795-805

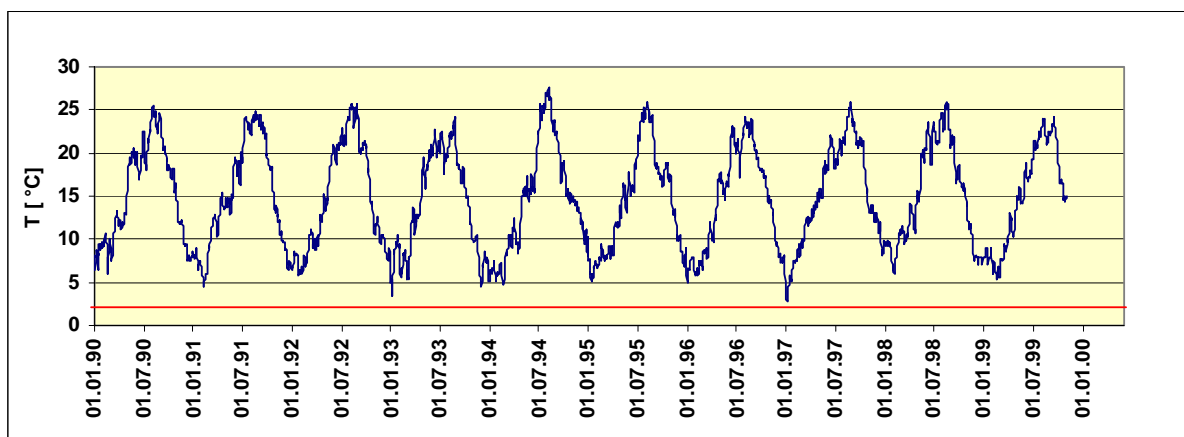


Fig. 12: Température de l'eau du Rhin à Worms, 1990-2000. — = température létale minimale de *C. fluminea* observée en Amérique du Nord

Corophium curvispinum

C. curvispinum a rejoint le Rhin en transitant par les fleuves de l'Europe orientale et les canaux du nord de l'Allemagne vers la fin des années 80. Vu sa capacité de reproduction très élevée (3 générations/an), il a pu s'établir rapidement dans le Rhin. Cette reproduction fulgurante a entraîné une forte régression des populations de dreissènes *Dreissena polymorpha*, ces deux espèces revendiquant le même type d'habitat. On constate entre-temps une baisse des peuplements de *C. curvispinum*, ce qui permet à *D. polymorpha* de s'étendre à nouveau (fig. 13).

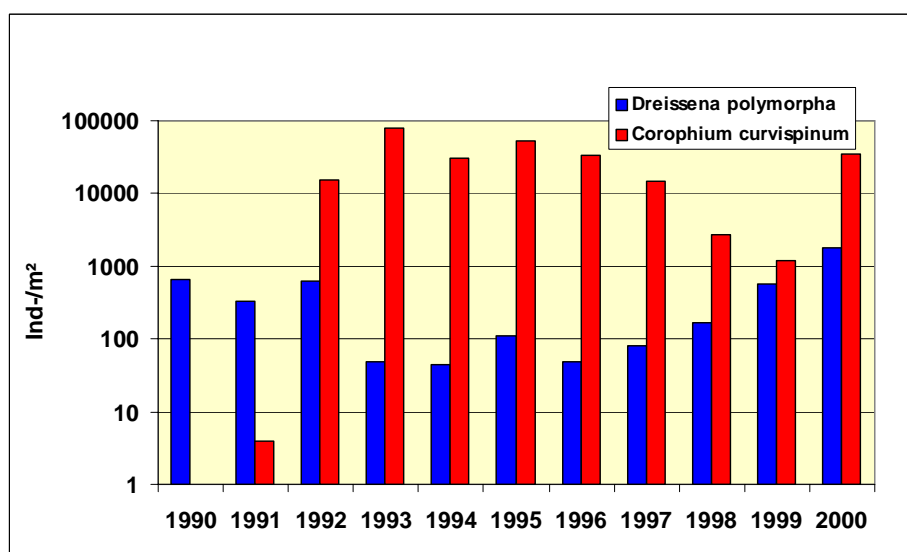


Fig. 13: Densité des populations de *Dreissena polymorpha* et de *Corophium curvispinum* dans le Rhin à Karlsruhe, PK 358-363

Dikerogammarus villosus, *Jaera istri*, *Dendrocoelum romanodanubiale*, *Hypania invalida*, *Caspiobdella fadejewi*, *Hemimysis anomala*, *Limnomysis benedeni*

Ces espèces ont atteint le Rhin par le biais du canal reliant le Main au Danube, achevé en 1992, et ont rapidement colonisé le Rhin, notamment *Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus*, pour former des populations à densité élevée (fig. 14 à 17). *D. villosus* est soupçonné d'avoir contribué à décimer quelques espèces rhénanes (p.ex. *Gammarus tigrinus*) en raison de son mode de vie prédateur (chap. 6.2).

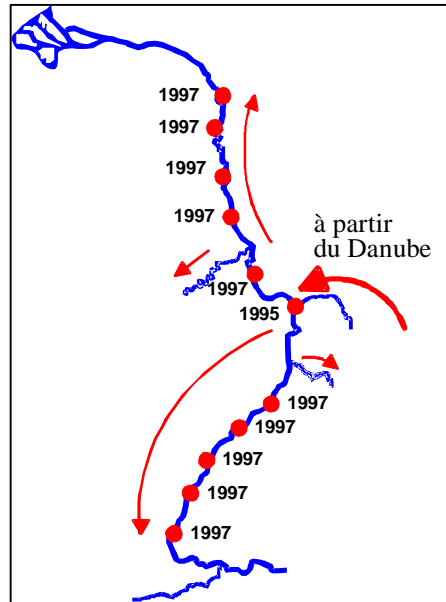


Fig. 14: Distribution de *Jaera istri* dans le Rhin

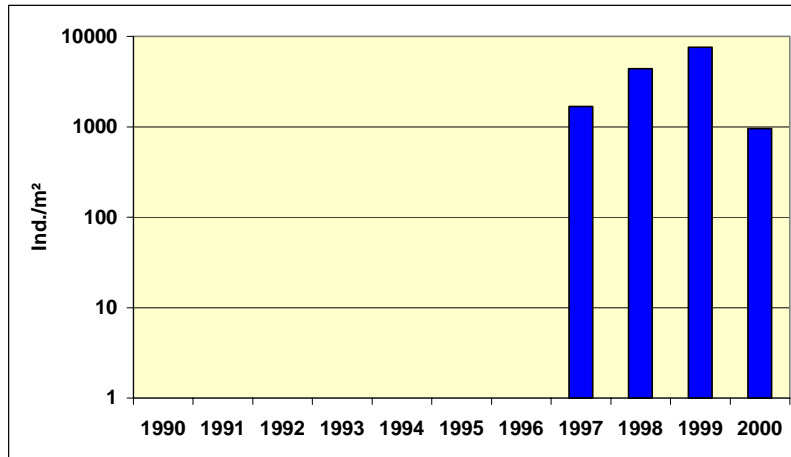


Fig. 15: Densité des populations de *Jaera istri* en aval de Duisbourg, PK 795-805

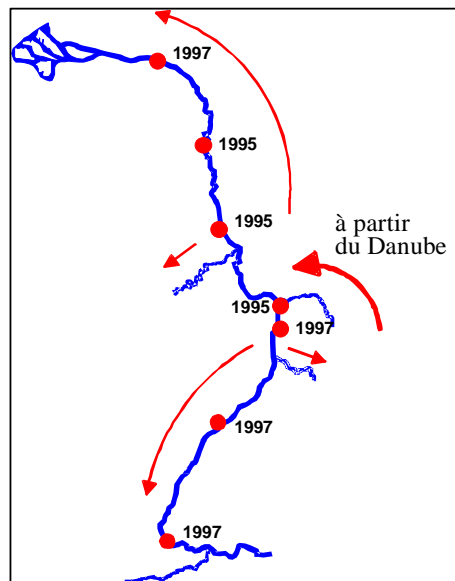


Fig. 16: Distribution de *Dikerogammarus villosus* dans le Rhin

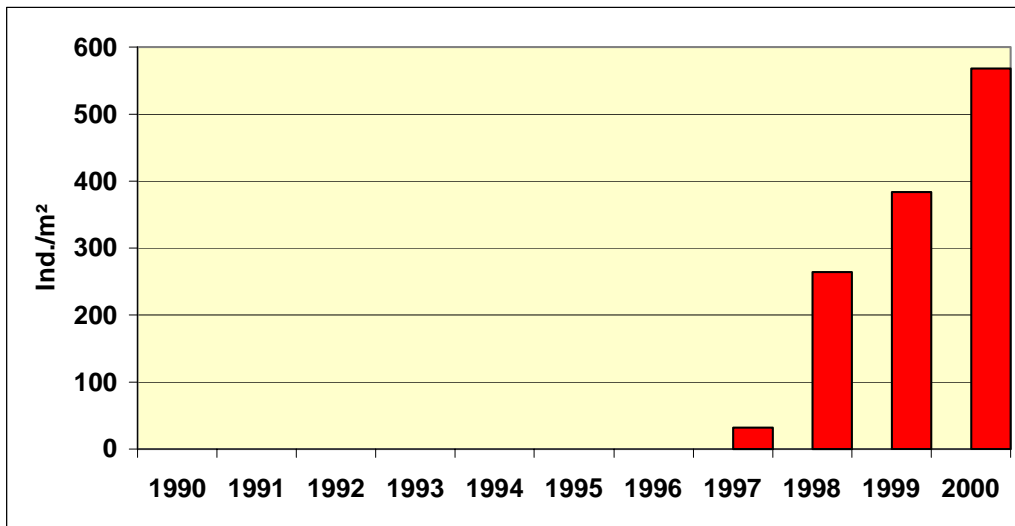


Fig. 17: Densité des populations de *Dikerogammarus villosus* à Mannheim, PK 417-419

6.2 Modifications structurelles de la biocénose de 1990 à 2000

L'immigration d'espèces faunistiques néozoaires au cours des années 90 a entraîné une restructuration de la biocénose du Rhin. A l'exemple du Rhin supérieur, on peut suivre cette évolution dans les tronçons navigables du Rhin. On voit ici que les néozoaires sont passés au premier plan, tant en termes de **dominance** (= fréquence relative d'une espèce par rapport aux autres espèces et à un habitat d'une superficie donnée) que de **constance** (= répartition relative d'une espèce par rapport aux autres espèces et à un habitat d'une superficie donnée), en remplaçant les espèces rhénanes initiales ou les anciens néozoaires (fig. 18 et 19).

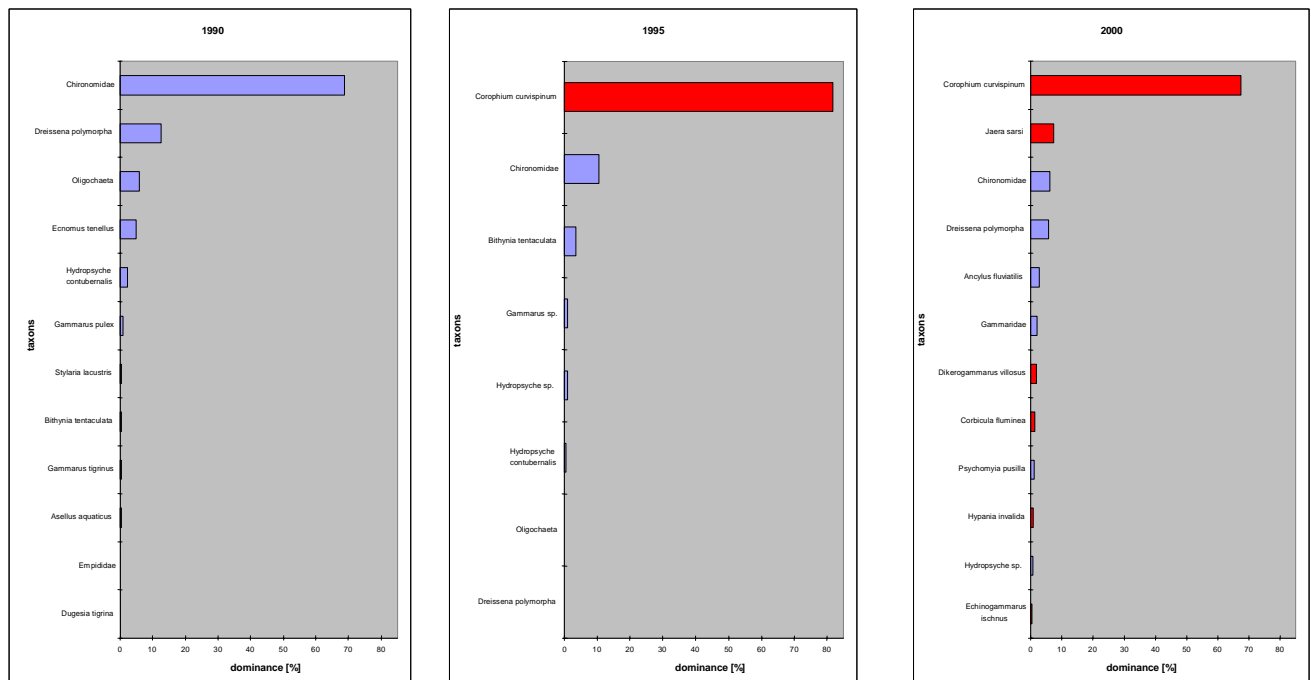


Fig. 18: Structure de dominance des macroinvertébrés du Rhin supérieur en 1990, 1995 et en l'an 2000 ; évaluation d'après la densité de population. Les espèces ayant immigré après 1990 sont signalées en rouge

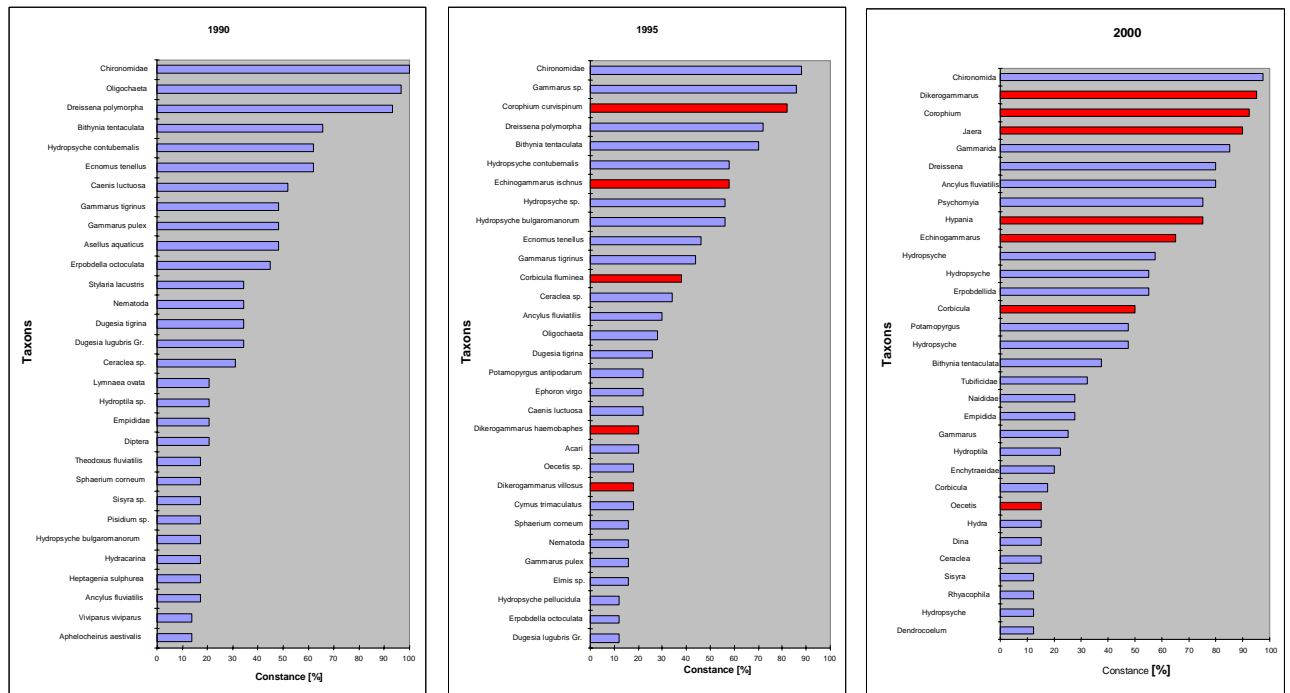


Fig. 19: Structure de constance des macroinvertébrés du Rhin supérieur en 1990, 1995 et en l’an 2000 ; évaluation d’après la densité de population. Les espèces ayant immigré après 1990 sont signalées en rouge

Si l’on peut expliquer le déclin de *G. tigrinus* par la pression ou l’influence directe de *D. villosus*, (prouvée du moins en laboratoire), on conjecture quant à la disparition quasi totale des turbellariés et de la néritine *Theodoxus fluviatilis*.

Cette dernière espèce, typique du milieu potamal, s’est propagée dans le Rhin supérieur, moyen et inférieur entre 1988 et 1994, avant que ses peuplements ne s’effondrent dans les années suivantes (figure 20). On ne trouve aujourd’hui de populations relictuelles qu’autour de Rhinau dans le Vieux Rhin et dans le tronçon aval du haut Rhin. Là aussi, l’espèce régresse (figure 21). On a fréquemment émis l’hypothèse d’une relation entre la disparition de *T. fluviatilis* et l’immigration de *Corophium curvispinum* (concurrence d’habitat) et/ou de *Dikerogammarus villosus* dans le Rhin. S’y oppose le fait que *T. fluviatilis* et *C. curvispinum* cohabitent depuis longtemps dans l’Oder, de même que le font sur le Danube les espèces parentes *T. danubialis* et *T. transversalis* d’une part, et *D. villosus* et *C. curvispinum* d’autre part.

Pour expliquer les raisons de la croissance ou du déclin d’espèces particulières, on en est souvent réduit à des hypothèses. Il s’agit parfois probablement de variations dynamiques naturelles des populations, comme dans le cas de l’augmentation relative de *Psychomyia pusilla* dans le Rhin supérieur.

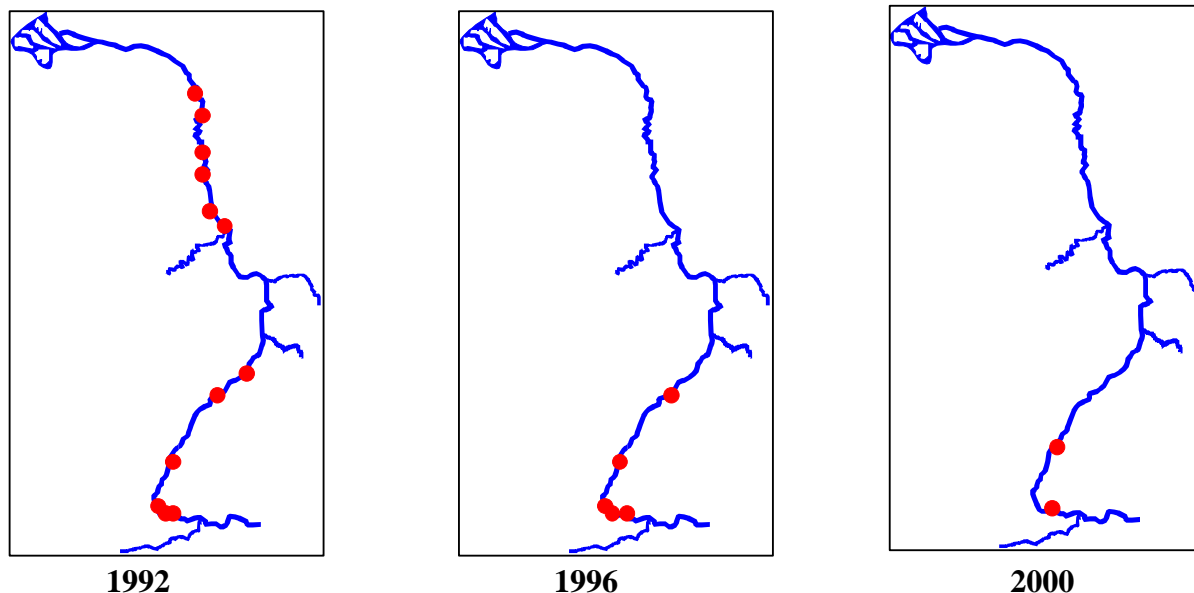


Fig. 20: Distribution de *Theodoxus fluviatilis*

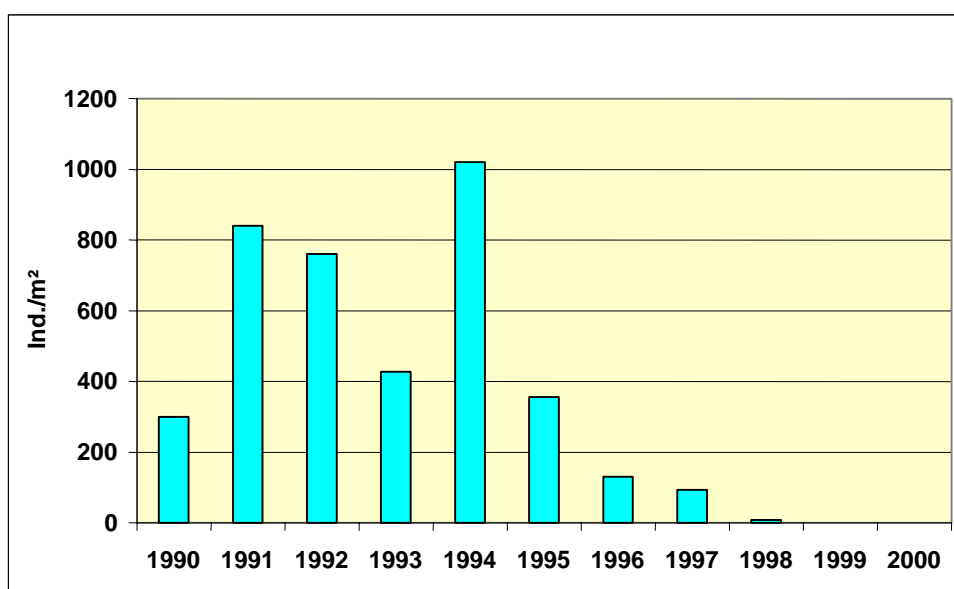


Fig. 21: densité des populations de *Theodoxus fluviatilis* à Bâle, PK 168-172 ; analyses effectuées à l'aide d'un grappin à deux mâchoires

6.3 Aperçu historique 1900 – 2000

Une description historique de l'évolution de la biocénose ne peut certes fournir de données statistiques exactes. Elle permet cependant de reconnaître des tendances nettes. On constate ainsi que l'évolution à long terme de la biocénose est étroitement liée à la pollution du Rhin par des substances nuisibles (fig. 22). En se basant sur les listes d'espèces de divers auteurs, on obtient au total env. 165 espèces présentes au début du siècle, et ce uniquement pour le Rhin navigable entre Rheinfelden et Pannerden. Parallèlement à la pollution croissante du Rhin due aux rejets d'eaux usées et à la baisse consécutive de la teneur en oxygène, on observe une chute brutale du nombre d'espèces macrozoobenthiques, notamment entre le milieu des années 50 et le début des années 70, touchant tout particulièrement les populations d'insectes. Sur plus de 100 espèces identifiées au début du siècle, il n'en subsistait plus que 5 en 1971.

Un tournant est atteint vers le milieu des années 70. L'oxygénation s'étant améliorée avec la construction de stations d'épuration industrielles et urbaines, on note à nouveau une augmentation de la diversité des espèces sur le Rhin.

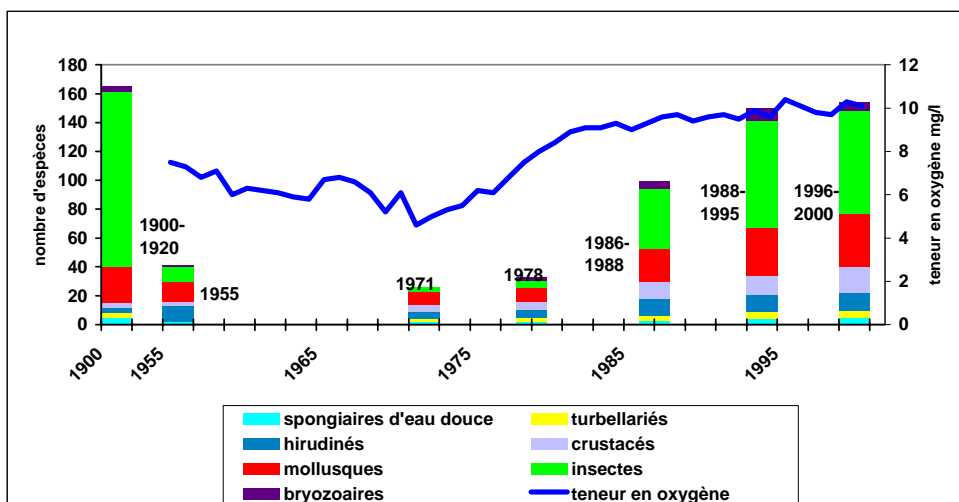


Fig. 22: Evolution historique de la biocénose du Rhin entre Bâle et la frontière germano-néerlandaise par rapport à la teneur moyenne en oxygène du Rhin à hauteur de Bimmen

De nombreuses espèces fluviales caractéristiques, considérées un temps comme éteintes ou fortement décimées dans le Rhin, sont à nouveau solidement implantées dans de larges tronçons du Rhin (p.ex. *Ephoron virgo*, *Heptagenia sulphurea*, *Psychomyia pusilla*, *Aphelocheirus aestivalis*, *Unio tumidus* etc.). L'exemple le plus récent de cette propagation d'espèces fluviales typiques nous est donné par les nombreuses larves d'odonates (*Gomphus flavipes* et *Gomphus vulgatissimus*) détectées dans le Rhin. En outre, plusieurs espèces néozoaires et ubiquistes, favorisées par des impacts anthropiques tels que la hausse de la température de l'eau (fig. 23, voir également le chap. 6.2 *Corbicula fluminea*), les mesures de génie hydraulique et certains composants de l'eau, ont contribué à enrichir la diversité des espèces présentes dans le Rhin.

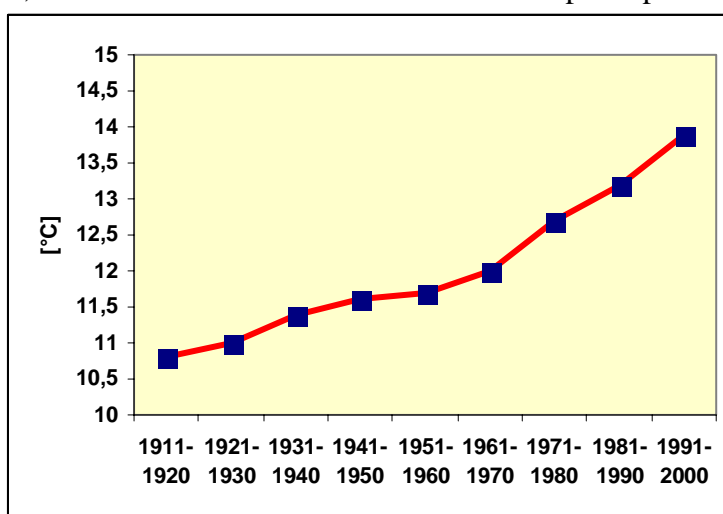


Fig. 23: température moyenne de l'eau dans le tronçon néerlandais du Rhin de 1911 à l'an 2000 (cf. chap. 6.2)

Ces résultats ne doivent cependant pas faire oublier que les chiffres moyens des espèces sont en régression depuis 1995 dans chaque zone d'étude du Rhin entre Bâle et Emmerich, même si l'on constate à nouveau une hausse en l'an 2000 (fig. 24). On note également dans le delta du Rhin un recul du nombre des espèces entre 1995 et l'an 2000 (figure 25). Les raisons de cette régression restent encore imprécises. Elle sont probablement liées à la restructuration de la biocénose sous l'influence des néozoaires.

De nombreuses espèces d'insectes répertoriées dans le Rhin au début du 20^{ème} siècle sont encore absentes de l'éventail de peuplement du Rhin (tableau 3, voir également le chapitre 7.2.1). *Oligoneuriella rhenana* p.ex., **éphéméroptère typique du Rhin**, qui tient son nom de sa présence initiale massive dans le Rhin, n'a toujours pas été identifiée dans le fleuve. Bien qu'elle soit présente dans les affluents du Rhin, elle ne trouve pas dans le Rhin même les habitats propices à sa réimplantation.

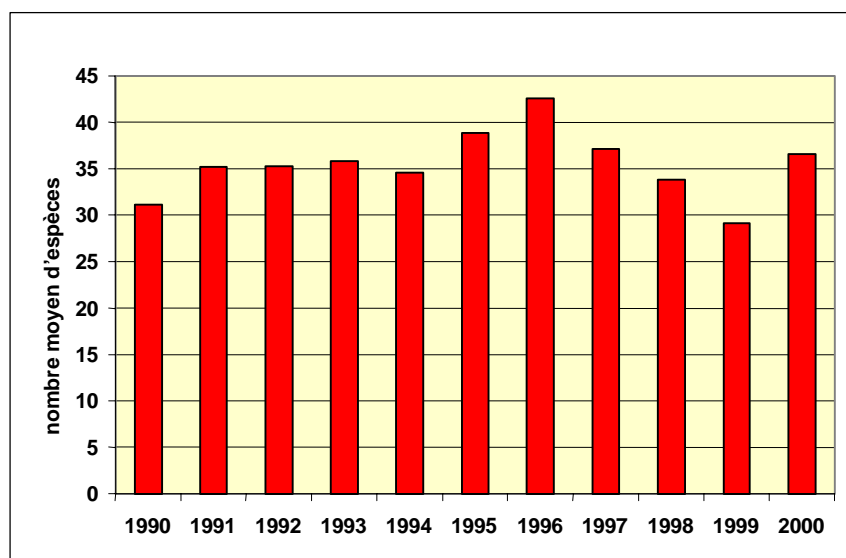


Fig. 24: Nombre moyen d'espèces dans différentes zones d'étude entre Bâle et Emmerich (PK 168-173; 310-317; 417-419; 650-660; 695-697; 795-805) ; analyses effectuées à l'aide d'un grappin à deux mâchoires

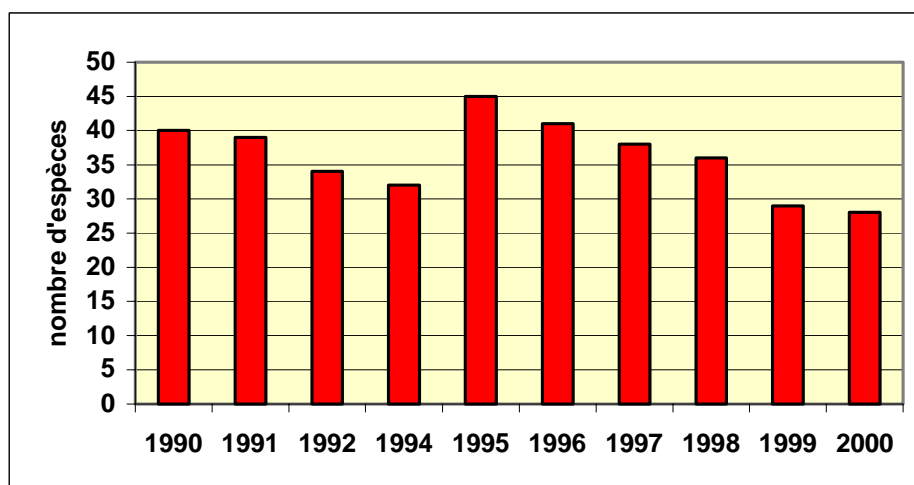


Fig. 25: Nombre d'espèces (1990 – 2000) à quatre endroits dans le delta du Rhin (IJssel, collectes à partir de la berge dans la zone d'éboullis)

Tab. 3 Plécoptères, éphéméroptères et trichoptères typiques du Rhin autour de 1900 et qui ne sont plus détectés dans le Rhin (Bâle-Emmerich) depuis au moins 40 ans. Le degré de menace d'extinction consigné dans la „Liste rouge des espèces faunistiques menacées de l'Allemagne » est indiqué entre parenthèses. 0 = « éteinte et disparue » 1 = « menacée d'extinction », 2 = « gravement menacée ».

Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera
<i>Ecdyonurus insignis</i> EATON (2)	<i>Besdolus inhoffi</i> PICT. (1)	<i>Chimarra marginata</i> L. (1)
<i>Heptagenia longicauda</i> STEPH. ((2)	<i>Besdolus ventralis</i> Pict. (0)	<i>Rhyacophila pascoei</i> McL. (0)
<i>Heptagenia coerulans</i> ROSTOCK (1)	<i>Brachyptera braueri</i> PICT.(1)	<i>Setodes punctatus</i> (FABR.) (2)
<i>Oligoneuriella rhenana</i> IMH. (2)	<i>Brachyptera trifasciata</i> PICT (0)	<i>Setodes viridis</i> FOUR. (1)
<i>Palingenia longicauda</i> OL. (0)	<i>Isogenus nubecula</i> NEW. (0)	
<i>Prosopistoma foliaceum</i> FOUR.(0)	<i>Marthamea selysii</i> PICT. (0)	
<i>Rhithrogena bescidensis</i> A.T.& S. (2)	<i>Oemopteryx loewii</i> ALB.(0)	
	<i>Perla burmeisteriana</i> CLASS. (2)	
	<i>Siphonoperla burmeisteri</i> PICT. (0)	
	<i>Xanthoperla apicalis</i> NEW. (0)	

7 Evaluation écologique

La nouvelle directive cadre 'Eau' de l'UE est en vigueur depuis décembre 2000. Pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau, elle prescrit comme paramètres biologiques, en plus du macrozoobenthos, le phytoplancton, les macrophytes/phytobenthos et les poissons. L'objectif opérationnel de la directive est d'atteindre une « bonne » qualité écologique des cours d'eau. La nécessité d'une évaluation *écologique* transfrontalière du Rhin aux valeurs méthodologiquement comparables gagne ainsi en importance. Cependant, il n'existe pas jusqu'à présent de méthode standardisée permettant de décrire l'état écologique de cours d'eau à l'aide du macrozoobenthos. Pour pallier à cette lacune, deux méthodes nouvellement mises au point sont présentées dans les paragraphes suivants. Elles tentent de décrire et d'évaluer l'état écologique du Rhin sous l'angle spécifique du macrozoobenthos. Ces deux méthodes sont encore en cours d'expérimentation. Les résultats sont donc à considérer comme provisoires.

7.1 Indice des potamotypes – (Potamon-Typie-Index : PTI)

Une évaluation de grands fleuves (Rhin, Elbe, Moselle, Main etc.) orientée sur un *état de référence* pose des problèmes de taille, car la description d'une biocénose de référence est impossible ou reste incomplète en raison des activités anthropiques qu'ont connues ces fleuves au fil des siècles. En outre, l'éventail des espèces peuplant les grands fleuves a subi de profondes et multiples modifications dues à la venue de nouvelles espèces faunistiques (néozoaires) au cours des dernières années.

On peut contourner les difficultés susmentionnées que pose l'évaluation de grands cours d'eau selon un état de référence si l'on ne fonde pas celle-ci sur une biocénose de référence, c'est-à-dire une liste d'espèces prescrite, mais sur les espèces présentes ou potentiellement présentes, c'est-à-dire une liste ouverte d'espèces. Partant de la constatation que le tracé longitudinal d'un cours d'eau n'est pas uniquement caractérisé par l'évolution permanente de ses principaux paramètres physiques et chimiques mais également par une succession de biocénoses spécifiques (ce qu'on appelle zonage), on peut, à l'aide d'une liste ouverte, attribuer des valeurs indicatrices (ECO) aux espèces présentes, dont la dépendance par rapport au milieu fluvial est caractéristique. Les taxons typiques du milieu fluvial (299 espèces au total) sont classés selon une valeur (ECO) comprise entre 1 et 5. Les taxons dont la présence correspond à une valeur d'indication élevée pour le potamon se voient attribuer un 5, ceux dont la valeur indicatrice est faible obtiennent un 1 (SCHÖLL & HAYBACH 2001).

Pour évaluer les grands cours d'eau, on se fonde sur l'indice des potamotypes (PTI) obtenu selon la formule suivante:

$$PTI = \frac{\sum_{i=1}^n ECO_i^2}{n}$$

(PTI = indice des potamotypes, n = nombre de taxons, ECO_i = valeur du taxon i)

En théorie, le PTI débouche sur des valeurs comprises entre 1 et 25. En pratique, les premiers exemples de calcul (également ceux fondés sur des données historiques du Rhin) font ressortir des valeurs comprises entre 3,5 et 11. La classification de la valence écologique d'un tronçon fluvial analysé n'est pas encore achevée et devra certainement faire l'objet de quelques discussions. A titre provisoire, on propose d'ordonner la valeur écologique en suivant la classification présentée ci-dessous :

PTI*	Etat écologique volet macrozoobenthos	Equivalence UE niveau de qualité
> 9	1	très bon
7 – 8,9	2	bon
5 – 6,9	3	moyen
3 – 4,9	4	médiocre
1 – 2,9	5	mauvais

* classification provisoire

7.1.1 Répartition des valeurs ECO de la biocénose du Rhin vers 1920 et en l'an 2000

Si l'on compare le nombre des diverses valeurs ECO attribuées aux espèces présentes dans le Rhin vers 1920 et en l'an 2000, on voit clairement que de nombreuses espèces indicatrices d'un « très bon » état écologique au début du siècle sont aujourd'hui absentes (figure 26). Il n'en reste pas moins qu'en l'an 2000 le Rhin offre des conditions de vie suffisantes à de nombreuses espèces traduisant un « bon » état écologique. On note cependant l'arrivée de nombreuses espèces néozoaires entrant dans les classes III-V. La proportion actuelle d'espèces euryèces (ubiquistes et néozoaires) implantées dans le Rhin a donc progressé par rapport au peuplement historique du fleuve.

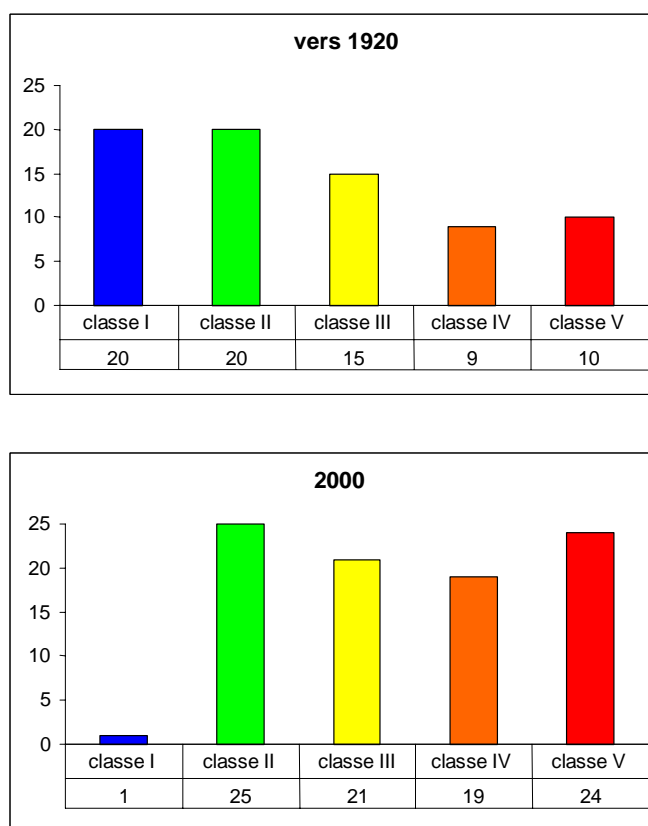


Fig. 26: Répartition des espèces dans les différentes classes écologiques dans le Rhin en 1920 et en l'an 2000 ; groupes faunistiques sélectionnés

7.1.2 Calcul de l'indice des potamotypes du Rhin

Pour calculer l'indice des potamotypes sur le profil longitudinal du Rhin, on a regroupé des sections importantes du Rhin en tronçons de fonctionnalité écologique similaire (à l'origine). Les résultats montrent, en règle générale, que l'indice des potamotypes attribue au Rhin un « bon » état écologique (figure 27). Sur le haut Rhin et le Rhin moyen, la limite séparant le „bon“ du „très bon“ état est parfois presque atteinte, alors qu'à l'inverse on passe du niveau de « bon » état à celui d'état « moyen » plus au nord, notamment dans la partie septentrionale du Rhin supérieur ainsi que dans le Rhin inférieur et le delta du Rhin.

Le regroupement de tronçons fluviaux importants (jusqu'à plus de 100 km) permet d'intégrer et d'évaluer diverses caractéristiques hydromorphologiques ainsi que celles des espèces vivant dans ces tronçons. Si l'on fait porter l'examen sur de plus petits segments du Rhin compris dans les zones représentées et évaluées dans le présent rapport, on peut voir apparaître des écarts susceptibles (sans que ceci soit obligatoire) de donner lieu à une dévaluation.

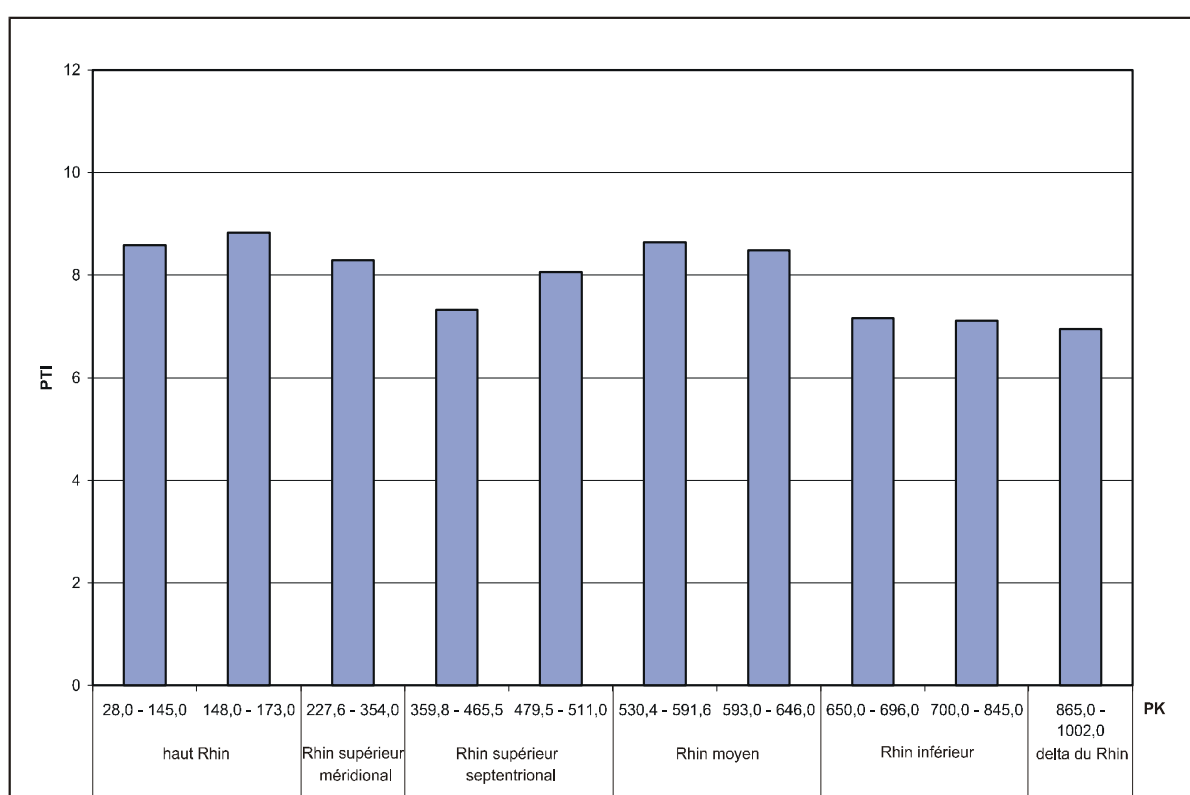


Fig. 27: Indice des potamotypes sur le cours longitudinal du Rhin en l'an 2000

7.1.3 Evaluation à échelle réduite à l'aide du PTI

Si l'on souhaite procéder à une évaluation détaillée de l'état écologique du Rhin à une échelle réduite, la base de données de l'inventaire 2000 est trop grossière. Pour résoudre ce problème, on a donc également fait appel à des données tirées d'autres années d'études. Les résultats obtenus sont globalement valides et peuvent être reportés à l'an 2000. Le futur programme de suivi devra pouvoir répondre aux exigences de la directive cadre 'Eau'.

En particulier dans les tronçons canalisés, on constate des écarts très importants par rapport au « bon » état écologique. En réduisant la vitesse de l'écoulement et en favorisant la sédimentation de matériaux fins, la canalisation du Rhin a modifié la structure de la biocénose, cette modification se traduisant par le remplacement dans les zones lenticques de la faune lithoréophile initiale par des espèces lenticques et en partie également par des ubiquistes. C'est l'image que renvoie également le PTI. Dans le Rhin supérieur méridional, le PTI décroît sur le cours

longitudinal de la retenue d'Iffezheim. Atteignant presque le niveau 8 („bon état“) en aval du barrage de Gambsheim, il tombe à un niveau 4 („état moyen“) à la retenue d'Iffezheim (fig. 28). Dans le haut Rhin également, l'analyse de la zone de remous de l'usine de Rheinau débouche sur un PTI de niveau 7 (à peine „bon“) alors que l'indice atteint presque le niveau 9 (presque „très bon“) dans le tronçon à écoulement libre à Ellikon (figure 28).

Les déficits morphologiques conduisent également à une dévaluation de l'état écologique du Rhin. Des exemples de calcul effectués sur le Rhin supérieur entre le Grand Canal d'Alsace, à profil artificiel, et le « Vieux Rhin », caractérisé par une grande diversité morphologique, montrent que le PTI du Vieux Rhin obtient un meilleur niveau (« bon ») que celui du Grand Canal (« moyen ») alors que la qualité de l'eau est la même dans les deux cas.

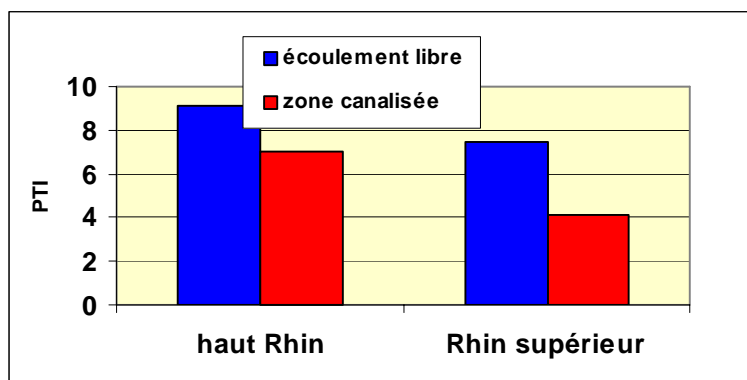


Fig. 28: Indice des potamotypes dans des zones à écoulement libre et des zones canalisées en l'an 2000 sur le haut Rhin (canalisé: Rheinau, PK 56; écoulement libre: Ellikon, PK 63,3) et en 1990 sur le Rhin supérieur (retenue d'Iffezheim, canalisé: PK 326,9; écoulement libre: PK 312,5) . Les exemplaires isolés n'ont pas été pris en compte dans cette évaluation.

7.2 Index of Trophic Completeness (ITC)

L'"Index of Trophic Completeness" (ITC) a été utilisé à titre d'approche fonctionnelle d'évaluation de l'état écologique du Rhin. (PAVLUK, T.I., BIJ DE VAATE, A. & LESLIE, H.A.) Cet indice évalue la qualité écologique de la biocénose du macrozoobenthos aquatique à partir de la composition structurelle des types alimentaires. Les espèces sont subdivisées en 12 groupes fonctionnels selon les types alimentaires.

Tableau 2: Groupes fonctionnels des types d'alimentation

Groupes No.	alimentation	type d'alimentation	grosseur des aliments	mode d'alimentation	consommation
1	viande	réducteur/ masticateur	> 1 mm	actif	complète
2	viande	réducteur/ masticateur	> 1 mm	"actif/passif"	complète
3	mixte	réducteur/ masticateur	> 1 mm	actif/passif	complète
4	plantes	collecteur réducteur/ masticateur	> 1 mm	"actif/passif"	complète
5	plantes	réducteur/ masticateur	< 1 mm	"actif/passif"	complète
6	plantes	„ scraping “	< 1 mm	"actif/passif"	complète
7	plantes	collecteur	< 1 mm	"actif/passif"	complète
8	plantes	filtreur	< 1 mm	"actif/passif"	complète
9	viande	suceur	> 1 mm	"actif/passif"	incomplète
10	viande	suceur	> 1 mm	"actif/passif"	complète
11	plantes	suceur	> 1 mm	"actif/passif"	incomplète
12	mixte	réducteur/ masticateur	< 1 mm	"actif/passif"	complète

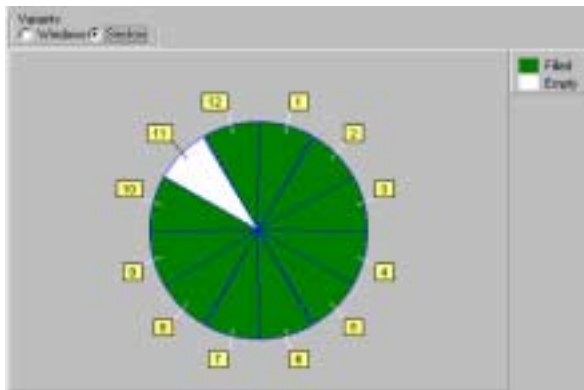
Dans une biocénose non marquée par l'impact anthropique, les 12 groupes des types alimentaires sont représentés. Quand les effets perturbateurs sur la biocénose augmentent, des groupes fonctionnels disparaissent, ce qui entraîne une dévaluation de l'état écologique du cours d'eau analysé. La classification en 5 catégories de qualité au moyen de l'ITC passe par une méthode statistique prenant en compte la colonisation, la répartition des espèces selon les différents groupes fonctionnels et l'abondance des espèces. Cette méthode n'est pas présentée en détail dans le présent rapport.

Dans le cas du Rhin, on a procédé à l'évaluation suivante :

Haut Rhin

La biocénose contient 11 groupes fonctionnels

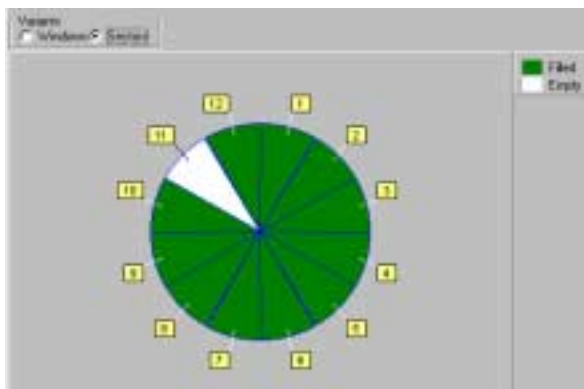
Qualité écologique: très bonne



Rhin supérieur méridional

La biocénose contient 11 groupes fonctionnels

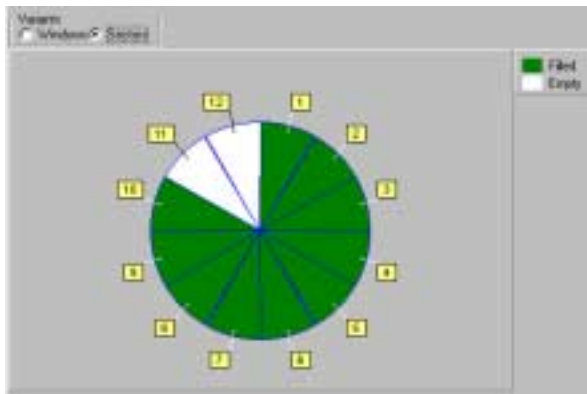
Qualité écologique: très bonne



Rhin supérieur septentrional

La biocénose contient 10 groupes fonctionnels

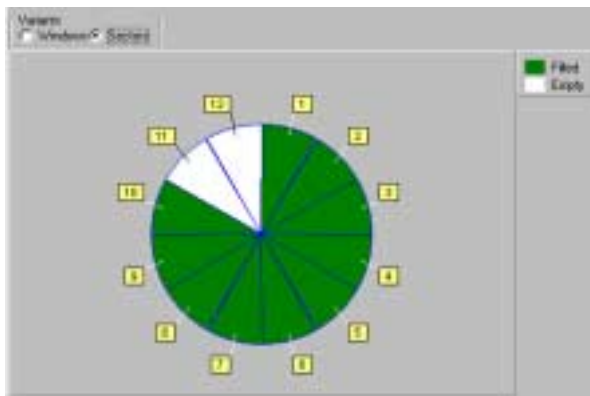
Qualité écologique: bonne



Rhin moyen

La biocénose contient 10 groupes fonctionnels

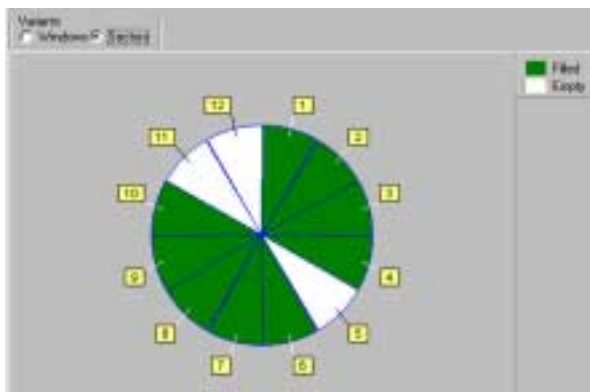
Qualité écologique: bonne



Rhin inférieur

La biocénose contient 9 groupes fonctionnels

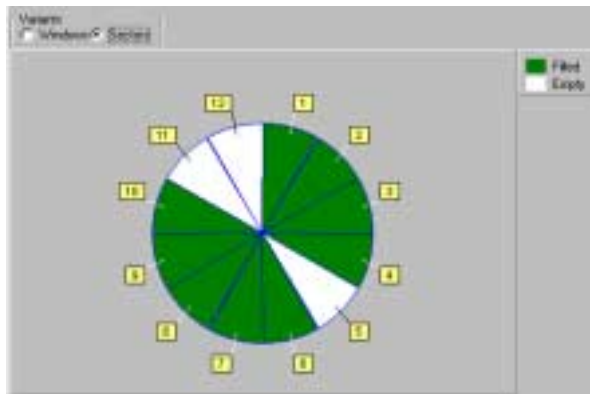
Qualité écologique: bonne



Delta du Rhin

La biocénose contient 9 groupes fonctionnels

Qualité écologique: bonne



7.3 Evaluation récapitulative de l'état écologique du Rhin, volet du macrozoobenthos

Il est difficile d'évaluer l'état écologique du Rhin à partir du macrozoobenthos. En effet, depuis une dizaine d'années, le Rhin se trouve dans une situation beaucoup moins stable que d'autres cours d'eau, du fait de l'immigration de néozoaires. L'évolution de la biocénose rhénane va dans deux directions fondamentalement opposées : alors que l'on note à **grande échelle** une augmentation du nombre des espèces, ce nombre se rapprochant de manière à peu près asymptotique du nombre d'espèces qui peuplaient le Rhin au début du siècle précédent, l'inventaire des espèces est en régression à **échelle réduite**.

En regroupant de **grands tronçons fluviaux**, on se fonde sur les **deux** méthodes d'évaluation PTI et ITC, nouvellement mises au point et appliquées à titre de test, pour estimer que l'état écologique du Rhin est à peu près « bon » (quelques tronçons du fleuve s'orientant vers un « très bon » état, d'autres vers un état « moyen »). Cependant, si l'on observe et évalue de **plus petits segments** du Rhin à l'intérieur des tronçons fluviaux représentés et évalués dans la présente étude, on peut voir apparaître des écarts généralement (mais pas systématiquement) susceptibles d'abaisser le niveau de qualité. Ainsi, la qualité écologique de certaines zones, notamment les segments canalisés, de même que les tronçons morphologiquement déficients, peut tout au plus être qualifiée de « moyenne ».

Dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique du Rhin, il faut en outre garder à l'esprit pour toute analyse quantitative que la biocénose du Rhin ne se compose pas majoritairement d'espèces indigènes mais pour plus de 80 % d'espèces animales immigrées. En outre, la nette **carence de certaines espèces**, notamment les **insectes**, n'est toujours pas résolue. Il est enfin difficile d'estimer le processus **simultané** de régression (*Theodoxus fluviatilis*) et d'augmentation (*Gomphus vulgatissimus*, *Gomphus flavipes*) d'espèces typiques du Rhin.

Dans son volet macrozoobenthique, l'état écologique du Rhin est donc provisoirement estimé « **moyen** » ou « **bon** » en fonction des disparités locales.

8 Mesures visant à améliorer la qualité de la biocénose

Le Programme d'Action Rhin a montré qu'en regroupant et en promouvant les efforts de mise en œuvre du plan de dépollution dans tous les Etats riverains du Rhin, on avait réussi à atteindre un niveau de qualité des eaux du Rhin à peine imaginable à l'origine. Cette amélioration a eu un effet régénérateur radical sur la biocénose rhénane. Cependant, comme il est montré

dans le chapitre 7, l'état écologique du Rhin n'est pas bon sur tous les plans. Il s'impose donc de stabiliser les résultats atteints et de combler les déficits constatés. A cette fin, des mesures de restauration du **milieu physique** et de la **qualité de l'eau** sont à prendre.

Pour surveiller l'état écologique atteint sur le Rhin et mettre en relief le succès de mesures prévues, le suivi en continu du macrozoobenthos reste indispensable.

8.1 Mesures de restauration morphologique des habitats

Les habitats d'un cours d'eau sont subdivisés en sous-habitats de structures diverses que colonisent des biocénoses caractéristiques. Sous l'influence du courant, une mosaïque dynamique de sous-biotopes à dominance lenticule ou lotique se constitue, en fonction principalement du substrat (fin ou grossier) en présence. Un ensemble d'habitats différenciés prend forme, mettant en place un modèle de structure avec une répartition également diversifiée des conditions d'alimentation. Les biocénoses qui y vivent sont très distinctes et le nombre d'espèces communes est faible. La diversité des espèces d'un fleuve se fonde donc essentiellement sur la diversité de ses structures morphologiques.

Il convient de prendre sur le Rhin les mesures qui s'imposent pour protéger ou restaurer les structures et les sous-biotopes subordonnés à la dynamique fluviale naturelle. Il faut également assurer la libre circulation des organismes dans les affluents pour permettre un échange naturel des espèces faunistiques et pour conserver les affluents comme biotopes de refuge potentiels. Il convient d'éviter que les zones riveraines et le fond du fleuve ne soient trop sollicités par les interventions mécaniques dues à la navigation et au brassage fréquent des couches du fond du cours que provoque le resserrement du profil transversal du Rhin. Grâce à ces mesures, on pourra rendre les habitats plus attrayants pour les espèces macrozoaires et on favorisera l'implantation de plantes aquatiques, qui sont un habitat précieux pour les microorganismes et font cruellement défaut à l'heure actuelle sur de vastes tronçons du Rhin.

Afin d'améliorer les conditions de vie des macrozoaires dans le Rhin, il convient de prendre les mesures mentionnées ci-dessous. Ces mesures sont également partie intégrante du nouveau « Programme Rhin 2020 » pour le développement durable du Rhin.

- Renforcer la diversité structurelle des berges sur une longueur d'au moins 400 km d'ici 2005 et d'au moins 800 km d'ici 2020 sur des tronçons appropriés du Rhin en tenant compte de la sécurité de la navigation et des personnes
- Mettre en place une politique d'entretien des cours d'eau respectueuse de l'environnement pour contribuer à la restauration écologique du Rhin et de ses affluents
- Favoriser la formation de structures naturelles dans le lit en tolérant et facilitant l'évolution naturelle du lit sur les tronçons appropriés et laisser se former des couches graveleuses en dehors du chenal et/ou prendre des mesures susceptibles d'améliorer le régime de charriage
- Concevoir et mettre en œuvre des mesures pour réduire l'érosion encore trop forte du lit du Rhin en aval du tronçon régulé
- Pas d'approfondissement technique du chenal de navigation sans estimation de l'impact écologique

- Augmenter et adapter le débit dans le Vieux Rhin (Kembs – Vieux-Brisach) et dans les tronçons court-circuités
- Préserver les tronçons à eaux courantes libres du Rhin
- Rétablir la continuité écologique du cours principal, p.ex. en construisant au droit des retenues des rivières artificielles ou dispositifs de franchissement (dispositifs efficaces de remontée et de dévalaison des poissons etc.).
- Renaturer dans le bassin du Rhin au moins 3.500 km de cours d'eau d'ici 2005 et au moins 11.000 km d'ici 2020
- Prendre en compte les critères écologiques dans le cadre de la gestion des espaces de rétention des crues ; s'efforcer d'adapter les espaces de rétention à des usages multiples, p.ex. pour redynamiser les zones alluviales, pour un tourisme écologique etc.
- Redynamiser sur le Rhin au moins 20 km² de plaines inondables d'ici 2005 et au moins 160 km² d'ici 2020, de préférence en repoussant les digues, c'est-à-dire en favorisant les inondations naturelles et en tolérant les processus dynamiques typiques du milieu alluvial tels que l'érosion et l'alluvionnement
- Classer en zones protégées les écosystèmes alluviaux précieux ou désigner des zones de développement écologique dans le delta du Rhin, entre autres pour préserver et accroître la biodiversité, p.ex. dans le cadre de la directive FFH et de la directive Oiseaux
- Prendre en compte les intérêts écologiques dans le cadre des opérations d'extraction de gravier et de sable dans la plaine rhénane

8.2 Amélioration de la qualité des eaux

La biocénose implantée dans un cours d'eau est toujours le reflet des conditions environnementales en présence. Si la qualité de l'eau évolue, la biocénose évolue également. Les macroinvertébrés benthiques notamment réagissent parfois de manière très sensible aux variations de la qualité de l'eau. Outre les modifications des conditions d'oxygénation, qu'il est possible d'identifier p.ex. au niveau de la biocénose au travers du système classique des saprobies, les variations de température ou de teneur en sel ainsi que les impacts aigus et chronique de substances toxiques influent sur la composition de la biocénose. Les études portant sur le macrozoobenthos, un compartiment important de la biocénose du Rhin, fournissent des indications précieuses autant sur les améliorations de la qualité des eaux que sur les déficits qui subsistent dans le fleuve.

Malgré les progrès accomplis pour assainir les eaux du Rhin au cours des dernières décennies, il est donc nécessaire d'accentuer les efforts visant à obtenir une meilleure qualité de l'eau afin d'améliorer les conditions de vie des espèces macrozoaires du Rhin. Les mesures suivantes, qui sont également partie intégrante du nouveau « Programme Rhin 2020 » pour le développement durable du Rhin, sont nécessaires :

- Poursuivre la réduction des rejets, émissions et pertes de substances significatives pour le Rhin en appliquant l'état de la technique et la meilleure pratique environnementale
- Mettre en oeuvre des mesures supplémentaires pour atteindre les objectifs définis pour les substances prioritaires et les substances dangereuses prioritaires

- Perfectionner les systèmes de surveillance des rejets d'eaux usées par des autorités publiques et des entreprises, en y intégrant l'autocontrôle ; mettre au point et prendre en compte des méthodes uniformes d'évaluation écotoxicologique
- Perfectionner le Plan d'avertissement et d'alerte Rhin
- Promouvoir une gestion écologique des substances au niveau des industries et des PME en développant des produits présentant un risque moindre pour l'environnement ; recycler les substances, ancrer la protection de l'environnement, sur la base de 'l'état de la technique', dans le cadre global de la production
- Promouvoir les bonnes pratiques agricoles, l'agriculture biologique et l'extensification et confier aux exploitants agricoles des fonctions d'entretien du paysage.
- Réduire la pollution thermique
- Contrôler les problèmes d'huile occasionnés par le trafic fluvial

9 Bibliographie

- BIJ DE VAATE, A. & A.G. KLINK (1995): *Dikerogammarus villosus* Sowinski (Crustacea: Gammaridae) a new immigrant in the Dutch part of the Lower Rhine. – *Lauterbornia* 20: 51-54, Dinkelscherben.
- BIJ DE VAATE, A. & M.B.A. SWARTE (2001): *Dendrocoelum romanodanubiale* in the Rhine delta: first records from the Netherlands. – *Lauterbornia* 40: 53-56, Dinkelscherben.
- BLANK, M., D. DIEHL & C. KOLMET (1998): *Gomphus flavipes* (Charpentier) am Rhein bei Köln (Anisoptera: Gomphidae). – *Libellula* 17 (3/4): 239-242.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) (Hrsg. u. Verlag): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna.- Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96: 543 S., München.
- BORCHERDING, J. & R. REHBACH (1998): Die Haffensche Landwehr – Ein Verbindungsgraben in der Rheinaue als überregional bedeutender Lebensraum heimischer Großmuscheln. – *LÖBF-Mitteilungen* 2: 37-40.
- BOSCHERT, M., A. HEITZ, S. HEITZ, H. LAUFER, C. MÜNCH, J. RUF, M. RADEMACHER, F. SAUMER, F. SCHNEIDER, A. UHL, K. WESTERMANN, S. WESTERMANN & H. ZIMMERMANN (1996): Die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluviatilis* am südlichen Oberrhein – Dokumentation der Neufunde. – *Naturschutz südl. Oberrhein* 1: 211-225.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (1988): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55: 431S., Münster
- DAHL, A. (1997): Die Großmuscheln *Pseudanodonta complanata* und *Unio crassus* (Mollusca: Unionidae) lebend im Hauptstrom des Niederrheins. – *Natur am Niederrhein (N.F.)* 12 (1): 26-34, Krefeld.
- FREYHOF, J. & I. STEINMANN (1998): *Rhithropanopeus harrisii* (Gould 1841) und *Palaemon longirostris* Edwards 1837 im Rhein bei Köln (Crustacea, Decapoda). – *Lauterbornia* 32: 25-26, Dinkelscherben.
- FREYHOF, J., I. STEINMANN & T. KRAUSE (1998): Weitere Funde von *Gomphus flavipes* (Charpentier) im Rhein (Anisoptera: Gomphidae). – *Libellula* 17 (3/4): 247-252.
- GEISSEN, H.-P. (1997): Die Asiatische Keiljungfer *Gomphus flavipes* Charpentier – Larvenfund im Mittelrhein bei Koblenz (Insecta: Odonata). – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz, Beiheft* 22: 171 - 176.
- GEISSEN, H.-P. (1997): Nachweis von *Limnomysis benedeni* Czerniavski (Crustacea: Mysidacea) im Mittelrhein. – *Lauterbornia* 31: 125-127, Dinkelscherben.
- GEISSEN, H.-P. (1997): Schwarzfüßige Schlammfliegen – *Sialis nigripes* Ed. Pictet – am linken Rheinufer (Insecta: Megaloptera). – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 8: 875-877.
- GEISSEN, H.-P. (1998): Die Schlammfliege *Sialis nigripes* Ed. Pictet (Insecta: Megaloptera) – Beginn der Besiedlung des Mittelrheins? – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 8: 1291-1295.

- GEISSEN, H.-P. (1999): Bemerkungen zur Verbreitung und Ökologie des Kiemenwurms *Branchiura sowerbyi* (Oligochaeta: Tubificidae). – *Lauterbornia* 36: 93-107, Dinkelscherben.
- GEISSEN, H.-P. (1999): Der Altrhein Koblenz-Oberwerth als Station für seltene Süßwasserschnecken des Rheingebietes. – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 9, Heft 1: 107-112
- GEISSEN, H.-P. (2000): Gomphidae vom südlichen Mittelrhein (Odonata). – *Libellula* 19 (3/4): 157-174.
- GEISSEN, H.-P. & F. SCHÖLL (1998): Erste Nachweise des Fischegel *Caspiobdella fadejewi* (Epshtein 1961) (Hirudinea: Piscicolidae) im Rhein. – *Lauterbornia* 33: 11-12, Dinkelscherben.
- GUGEL, J. (1995): Erstnachweis von *Eunapius carteri* (Bowerbank 1863) (Porifera: Spongillidae) für Mitteleuropa. – *Lauterbornia* 20: 103-109, Dinkelscherben.
- IKSR (HRSG.)(1995): Das Makrozoobenthos des Rheins 1990-1995 im Rahmen des Programmes "Lachs 2000". 29 S, Redaktion: F. SCHÖLL.
- JANTZ, B. & F. SCHÖLL (1998): Größenzusammensetzung und Altersstruktur lokaler Bestände einer Zebramuschel-Flusspopulation – Untersuchungen am Rhein zwischen Basel und Emmerich (Rhein-km 168-861). – *Limnologica* 28 (4): 395-413.
- KAPPEL, H., J. BORCHERDING & D. NEUMANN (1997): Großmuscheln (Bivalvia: Unionidae) im unteren Niederrhein bei Rees und seinen Nebengewässern. – *Lauterbornia* 28: 97-101, Dinkelscherben.
- KELLEHER, B., P.J.M. BERGERS, F.W.B. VAN DEN BRINK, P.S. GILLER, G. VAN DER VELDE & A. BIJ DE VAATE (1998): Effects of exotic amphipod invasions on fish diet in the Lower Rhine. – *Arch. Hydrobiol.* 143 (3): 363-382, Stuttgart.
- KELLEHER, B., G. VAN DER VELDE, P. S. GILLER & A. BIJ DE VAATE (2000): Dominant role of exotic invertebrates, mainly Crustacea, in diets of fish in the lower Rhine River. In: VON VAUPEL KLEIN, J.C. & F.R. SCHRAM (Eds.), *The biodiversity crisis and Crustacea: Proc. 4th intern. Crustacean congress*, Amsterdam, July 20-24, 1998. - *Crustacean Issues* 12: 35-46.
- KELLEHER, B., G. VAN DER VELDE, K.J. WITTMAN, M.A. FAASSE & A. BIJ DE VAATE (1999): Current status of the freshwater Mysidae in The Netherlands, with records of *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882, a Ponto-Caspian species in the Dutch Rhine branches. - *Bull. Zool. Mus. Amsterdam* 16 (13): 89-93.
- KLINK, A. & A. BIJ DE VAATE (1996): *Hypania invalida* (Grube, 1860) (Polychaeta: Ampharetidae) a freshwater polychaeta in the Lower Rhine, new to the Dutch fauna.- *Lauterbornia* 25: 57-60.
- MOLLS, F. & J. BORCHERDING (1997): Der Fischegel *Cystobranchnus respirans* (Troschel 1850) am unteren Niederrhein mit neuen Daten zur Phänologie und zum Wirtsfischspektrum. – *Lauterbornia* 28: 37-44, Dinkelscherben.
- PAVLUK, T.I., BIJ DE VAATE, A. & LESLIE, H.A. (eingereicht): Biological assessment method based on trophic structure of benthic macroinvertebrate communities. - *Hydrobiologia*
- POTEL, S., H.-P. GEISSEN & G. P. DOHMEN (1998): Erste Nachweise von *Barbronia weberi* (Blanchard 1897) (Hirudinea: Salifidae) im deutschen Rheingebiet. – *Lauterbornia* 33: 1-4, Dinkelscherben.
- RAJAGOPAL, S., G. VAN DER VELDE, B.G.P. PAFFEN, F.W.B. VAN DEN BRINK & A. BIJ DE VAATE (1999): Life history and reproductive biology of the invasive amphipod *Corophium curvispinum* (Crustacea: Amphipoda) in the Lower Rhine. – *Arch. Hydrobiol.* 144 (3): 305-325, Stuttgart.
- RAJAGOPAL, S., G. VAN DER VELDE & A. BIJ DE VAATE (2000): Reproductive biology of the Asiatic clams *Corbicula fluminalis* and *Corbicula fluminea* in the River Rhine. – *Arch. Hydrobiol.* 149 (3): S. 403-420, Stuttgart.
- REDER, G. & W. VOGEL (2000): Wellenschlag als limitierender Faktor bei der Emergenz von Libellen? Beobachtungen beim Schlupf von *Gomphus flavipes* (Charpentier) (Anisoptera: Gomphidae). – *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 9, Heft 2: 681-685, Landau.
- REINHOLD, M. & TITTIZER, T. (1999): Verschleppung von Makrozoen durch Kühlwasserfilter eines Schiffes. *Wasser & Boden* 51:61-66, Berlin.
- REY, P., D. KÜRY, B. WEBER & J. ORTLEPP (2000): Neozoen im Hochrhein und im südlichen Oberrhein. – *Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz, N.E.* 17 (3): 509-524, Freiburg i. Br.
- REY, P. & J. ORTLEPP (1997): Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 1995; Makroinvertebraten.-BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 283 Gewässerschutz: 115 S, Bern.
- SCHIEL, F.-J. & M. RADEMACHER (1999): Wiederfunde von *Gomphus flavipes* (Charpentier) am Oberrhein in Baden-Württemberg (Anisoptera: Gomphidae). – *Libellula* 18 (3/4): 181-185.

- SCHLEUTER, A., H.-P. GEISSEN & K.J. WITTMANN (1998): *Hemimysis anomala* G.O. Sars 1907 (Crustacea: Mysidacea), eine euryhaline pontokaspische Schwebgarnele in Rhein und Neckar. Erstnachweis für Deutschland. – *Lauterbornia* 32: 67-71, Dinkelscherben.
- SCHMID, G. (1997): "Malakologische Zuckungen" – Momentaufnahmen zur Molluskenfauna Baden-Württembergs. – *Veröff. Natursch. u. Landschaftspflege Bad.-Württ.*, 71/72 (2): 719-858, Karlsruhe.
- SCHÖLL, F. (2000): Die Temperatur als verbreitungsregulierender Faktor von *Corbicula fluminea* (O.F. Müller 1774). – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44: 318-321.
- SCHÖLL, F. & M. BANNING (1996): Erstnachweis von *Jaera istri* (Veuille) (Janeridae, Isopoda) im Rhein. – *Lauterbornia* 25: 61-62, Dinkelscherben.
- SCHÖLL, F., C. BECKER & T. TITTIZER (1995): Das Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins von Basel bis Emmerich 1986-1995. – *Lauterbornia* 21: 115-138, Dinkelscherben.
- SCHÖLL, F. & E. BEHRING (1998): Erstnachweis von *Dendrocoelum romanodanubiale* (Codreanu 1949) (Turbellaria, Tricladida) im Rhein. – *Lauterbornia* 33: 9-10, Dinkelscherben.
- SCHÖLL, F. & A. HAYBACH (2000): Der Potamon-Typie-Index – ein indikatives Verfahren zur ökologischen Bewertung großer Fließgewässer. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44 (1): 32-33.
- SCHÖLL, F. & A. HAYBACH (2001): Bewertung von großen Fließgewässern mittels Potamon-Typie-Index (PTI) - Verfahrensbeschreibung und Anwendungsbeispiele. – *Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde* 23, Koblenz.
- SCHWARZ, S. (1999): Limnologische Untersuchungen im Rhein bei Eltville und im Altrhein bei Stockstadt/Erfelden. – *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz*, 273, 105.S.
- SONDERMANN, W. (1998): Mitteleuropäisches Vorkommen von *Oulimnius rivularis* (Rosenhauer 1856) am oberen Niederrhein bei Bonn (Coleoptera: Elmidae). – *Mitt. Arg. Gem. Rhein. Koleopterologen* 7 (3/4): 171-172, Bonn.
- TITTIZER, T., F. SCHÖLL, M. BANNING, A. HAYBACH & M. SCHLEUTER (2000): Aquatische Neozoen im Makrozoobenthos der Binnenwasserstraßen Deutschlands. – *Lauterbornia* 39: 1-17, Dinkelscherben.
- TITTIZER, T., F. SCHÖLL, DOMMERMUTH, M. BÄTKE, J. & ZIMMER, M. (1991): Zur Bestandsentwicklung des Zoobenthos des Rheins im Verlauf der letzten 9 Jahrzehnte, - *Wasser und Abwasser* 35, 125-166.
- VAN DER VELDE, G., S. RAJAGOPAL, F.W.B. VAN DEN BRINK, B. KELLEHER, B.G.P. PAFFEN, A.J. KEMPERS & A. BIJ DE VAATE (1998): Ecological impact of exotic amphipod invasions in the River Rhine. In: NIENHUIS, P.H., R.S.E.W. LEUVEN & A.M.J. RAGAS (eds.), *New concepts for sustainable management of river basins*, pp. 159-169, Backhuys Publishers b.v., Leiden.
- VAN DER VELDE, G., S. RAJAGOPAL, B. KELLEHER, J.B. MUSKÓ & A. BIJ DE VAATE (2000): Ecological impact of crustacean invaders: general considerations and examples from the Rhine River. In: VON VAUPEL KLEIN, J.C. & F.R. SCHRAM (Eds.), *The biodiversity crisis and Crustacea: Proc. 4th intern. Crustacean congress, Amsterdam, July 20-24, 1998*. *Crustacean Issues* 12: 3-33.
- WESTERMANN, K. & S. WESTERMANN (1996): Neufunde der Gelben Keiljungfer (*Gomphus simillimus*) und der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) am Oberrhein bei Basel. – *Naturschutz südl. Oberrhein* 1: 183-186.
- WESTERMANN, F. (1997): Bemerkenswerte Funde potamobionter Elmidae und Ephemeroptera in Rheinland-Pfalz. – *Lauterbornia* 31: 67-72, Dinkelscherben.
- WINTERHOLLER, M. & H. LEINSINGER (1999): *Gomphus flavipes* (Charpentier) bodenständig am Oberrhein in Hessen und Rheinland-Pfalz (Anisoptera: Gomphidae). – *Libellula* 18 (3/4): 209-211.

10 Annexe

Macroinvertébrés dans le Rhin en l'an 2000 – Liste complète des espèces

X = espèce détectée en l'an 2000 dans le tronçon du Rhin concerné

* = espèces non détectée en l'an 2000. D'après les données recensées entre 1996 et l'an 2000, la présence de cette espèce est certaine ou très probable

hachures grises = groupe faunistique traité à part dans quelques tronçons du Rhin

HR 1 = haut Rhin : du lac de Constance à Rheinfelden, PK 28 à 146,8*

HR 2 = haut Rhin : de Rheinfelden à Bâle, PK 146,8 à 172*

OR1H = Rhin supérieur: de Bâle à Neubourg (cours principal), PK 172 à 355

OR1R = Rhin supérieur: de Bâle à Marlen (Vieux Rhin), PK 172 à 355

OR2 = Rhin supérieur: de Neubourg à Bingen, PK 355 à 530

MR = Rhin moyen: de Bingen à Bonn, PK 530 à 651

NR1 = Rhin inférieur: de Bonn à Bimmen/Lobith, PK 651 à 865

NR2 = Delta du Rhin: de Bimmen/Lobith à l'embouchure, PK 865 à 1032

* A la différence du rapport 1995 de la CIPR sur le macrozoobenthos, le haut Rhin est subdivisé en un tronçon non navigable (HR 1) et un tronçon navigable (HR 2).

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
TRICLADIDA								
Dendrocoelum lacteum (O.F.M.)	X	X		X	X	X		
Dendrocoelum romanodanubiale (CODREANU)			X		X	X	X	X
Dugesia sp.			X	X				
Dugesia gonocophala (DUGES)	X							
Dugesia lugubris / polychroa	X	X		X	X		X	
Dugesia tigrina (GIR.)	X	X	X	X	X	X	X	
Polycelis sp.			X					X
Polycelis tenuis / nigra	X	X						
NEMERTINI								
Prostoma graecense (BÖHM.)						*		
NEMATHELMINTHES								
Acanthocephala		X	X	X	X	X	X	
Mermintidae		X	X			X	X	
Nematoda	X	X	X	X	X	X	X	
OLIGOCHAETA								
Aulodrilus limnobius BRET.								
Branchiura sowerbyi BEDD.	X	X				*	X	X
Criodrilus lacuum (HOFF.)					X	X	X	
Eiseniella tetraedra (SAV.)	X	X	X	X	X	X	X	
Enchytraeidae	X		X		X	X	X	X
Haplotaxis gordioides (HART)		X	X		X	X	X	
Isochaeta michaelsoni (LAST.)							X	
Limnodrilus spp.	X			X	X	X		
Limnodrilus claparedeanus RAT.								X
Limnodrilus hoffmeisteri CLAP.								X
Limnodrilus udekemianus CLAP.								*
Lumbricidae	X	X		X	X	X	X	
Lumbriculidae	X	X	X	X	X			X
Lumbriculus variegatus MÜLL.	X	X	X		X	X	X	
Naididae	X	X	X	X	X	X	X	X
Naididae/Haplotaxidae	X	X	X	X				
Nais barbata (MÜLL.)								X
Nais bretscheri MICH.						X	X	X
Nais elinguis MÜLL.							X	X
Nais pardalis FIG.							*	X
Nais simplex FIG.								X
Peloscolex ferox (EISEN)	X	X						
Potamothrix hammoniensis (MICH.)								*
Potamothrix moldaviensis (VE.&MR.)	X				X		X	X
Potamothrix vej dovski (HRABE)							X	
Pristina aequisetata BOURNE						X		
Propappus volki MICH.		X			X	X	X	X
Psammoryctides barbatus (GRUBE)							*	X
Quistradrilus multisetosus								X
Rhynchelmis sp.							X	
Rhynchelmis limosella HOFF.					X	X		
Stylaria lacustris (L.)	X	X		X				X
Stylodrilus sp.		X	X		X	X	X	
Stylodrilus heringianus CLAP.	X	X		X				
Tubificidae	X	X	X	X	X	X	X	X
Tubifex sp.					X			

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Tubifex ignotus STOLC.		X	X			X	X	
Vejdovskyella intermedia								X
POLYCHAETA								
Hypania invalida (GRUBE)		X	X	X	X	X	X	X
HIRUDINEA								
Alboglossiphonia heteroclita (L.)	X					X		
Barbronia weberi (BLANCHARD)						*		
Caspiobdella fadejewi (EPSHTEIN)	X		X		X	X	X	
Cystobranchus fasciatus (KOLL.)	X	X						
Cystobranchus respirans (TROSCH.)	X	X				*		
Dina punctata JOHANSSON	X	X	X	X	X	X	X	
Erpobdellidae	X	X	X	X		X		
Erpobdella nigricollis (BRAN.)	X				X	X	X	*
Erpobdella octoculata (L.)	X	X	X	X	X	X	X	*
Glossiphonia sp.	X	X	X	X				
Glossiphonia complanata (L.)	X	X						
Glossiphonia verrucata (FR. MÜLL.)	X							
Helobdella stagnalis (L.)	X	X	X	X	X	X	X	*
Hemiclepsis marginata (O.F.M.)	X			X				
Piscicolidae				X				
Piscicola sp.					X	X		
Piscicola geometra (L.)	X	X	X	X	X	*		X
Theromyzon tessulatum (O.F.M.)	X							
GASTROPODA								
Acroloxus lacustris (L.)	X	X		X	X	*		*
Ancylus fluviatilis (O.F.M.)	X	X	X	X	X	X	X	X
Anisus sp.				X				
Bathyomphalus contortus (L.)	X	X						
Bithynella sp.				X				
Bithynia sp.			X	X				
Bithynia leachi (SHEP.)						*		
Bithynia tentaculata (L.)	X	X	X	X	X	X	X	*
Ferrissia wautieri (MIROLLI)			X	X				*
Galba sp.				X				
Gyraulus sp.	X		X	X				
Gyraulus albus (O.F.M.)		X		X	X			
Lithoglyphus naticoides (GRAY)						X		
Lymnaeidae								X
Lymnaea stagnalis L.	X			X				
Mercuria confusa FRAUENF.								*
Physa sp.				X				
Physa fontinalis (L.)	X		X	X			X	
Physella acuta (DRAP.)	X				X			
Planorbidae			X					
Planorbis carinatus O.F.M.	X	X						
Planorbis planorbis (L.)	X	X						
Potamopyrgus antipodarum (E.A. SMITH)	X	X	X	X	X	X	X	X
Radix auricularia (L.)			X	X				
Radix sp.								X
Radix peregra / ovata	X	X	X	X				X
Stagnicola sp.			X	X				
Stagnicola corvus (GMELIN)	X							

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Theodoxus fluviatilis (L.)		X		X		*		
Valvata sp.			X	X				*
Valvata cristata (O.F.M.)			X					
Valvata piscinalis (O.F.M.)	X	X	X	X	X	X	X	X
Viviparus viviparus (L.)			X			X		
LAMELLIBRANCHIATA								
Anodonta anatina (L.)					X	X	X	
Anodonta cygnea (L.)				X				
Corbicula fluminalis (MÜLL.)		X	X	X	X	X	X	*
Corbicula fluminea (MÜLL.)		X	X	X	X	X	X	X
Dreissena polymorpha (PALL.)	X	X	X	X	X	X	X	X
Pisidium sp.	X	X	X	X	*			*
Pisidium amnicum (O.F.M.)	X							
Pisidium cf.amnicum (O.F.M.)				X				
Pisidium casertanum (POLI)	X	X	X	X	X	X		*
Pisidium henslowanum (SHEPP.)	X		X	X	X	X	X	X
Pisidium moitessierianum (PAL.)						X	X	X
Pisidium nitidum JENYS						X	X	X
Pisidium cf. nitidum JENYS				X				
Pisidium supinum (SCHMIDT)					X	X	X	
Pseudanodonta complanata (ROSS.)							X	
Sphaerium sp.			X	X	X	X	X	*
Sphaerium corneum (L.)	X	X	X	X	X	X		
Sphaerium rivicola (LAMARCK)					X	X		
Sphaerium solidum (NORM.)						X		*
Unio crassus PHILL.							*	
Unio pictorum (L.)				X	X	X	X	*
Unio tumidus (PHILL.)					X	X	X	
HYDRACARINA	X	X	X	X	X	X	X	
Forelia sp.								*
Halacaridae							*	*
Hygrobatas sp.								*
Hygrobatas fluviatilis (STRÖM)	X	X						
Lebertia sp.								*
Limnesia sp.								*
CRUSTACEA								
Asellus aquaticus (L.)	X	X	X	X	X	X	X	
Atyaephyra desmarestii (MILL.)		X		X	X	X	*	*
Corophium curvispinum SARS		X	X	X	X	X	X	X
Corophium lacustre SARS								*
Corophium multisetosum STOCK								*
Crangonyx pseudogracilis BOUS.							X	
Dikerogammarus cf. haemobaphes (EICHW.)				X	X			
Dikerogammarus villosus SOV.		X	X	X	X	X	X	X
Echinogammarus berilloni (CATTÀ)			X					
Echinogammarus ischnus STEBBING		X	X	X	X	X	X	
Eriocheir sinensis (H.M.F.)		X					X	
Gammarus sp.			X	X				X
Gammarus fossarum (KOCH)	X	X						
Gammarus pulex (L.)	X	X		X	X			
Gammarus roeseli (GERV.)	X	X		X				
Gammarus tigrinus (SEX.)			X		X	X	X	X

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Hemimysis anomala G.O.SARS						X		
Jaera istri VEUILLE		X	X	X	X	X	X	X
Limnomysis benedeni CZERNIAVINSKI			X	X	X			X
Orconectes limosus (RAFI.)	X			X	X	X		
Palaemon longirostris (EDWARDS)							*	*
Proasellus coxalis (DOLLF.)	X			X	X			
Rhithropanopeus harrisii (GOULD)							*	
EPHEMEROPTERA								
Baetis sp.	X		X	X	X			
Baetis alpinus PICT.	X							
Baetis buceratus ETN.	X							
Baetis fuscatus (L.)	X	X	X	X	X	X	X	
Baetis gemellus ETN.	X							
Baetis liebenae KEFF.	X		X					
Baetis lutheri M.-L.	X	X		X	X			
Baetis muticus (L.)	X	X						
Baetis pentaplebodes UJH.						*		
Baetis rhodani PICT.	X	X				X		
Baetis scambus ETN.	X							
Baetis vardarensis (IK.)	X	X			X	X		
Baetis venus CURT.	X						X	
Caenis sp.			X	X				*
Caenis beskidensis SOWA	X							
Caenis horaria L.	X			X	X	*	X	
Caenis luctuosa (BURM.)	X		X	X	X	X	X	
Caenis macrura - Gruppe	X		X	X				
Caenis macrura STEPH.	X				X	X		
Caenis pusilla NAVAS	X	X						
Caenis rivolorum EATON	X							
Centroptilum luteolum MÜLL.	X			X				
Cloeon sp.				X				
Cloeon dipterum L.	X							
Cloeon simile ETN.	X		X					
Ecdyonurus sp.	X			X				
Ecdyonurus torrentis KIMM.	X							
Ecdyonurus venosus (F.)	X							
Epeorus sp.				X				
Epeorus sylvicola PICT.	X							
Ephemera danica MÜLL.	X	X		X				
Ephemera glaucops (PICT.)				X				
Ephemera lineata ETN.								X
Ephemera vulgata L.			X	X				
Ephemerellidae			X	X				
Ephemerella mucronata (BGTSS.)	X			X				
Ephemerella notata ETN.	X							
Ephoron virgo (OL.)					X	X	X	
Habroleptoides confusa SART. & JAC.	X							
Heptagenia sp.			X	X				
Heptagenia flava (ROST.)						*		
Heptagenia sulphurea (MÜLL.)	X	X	X	X	X	X		*
Leptophlebiidae					X			
Paraleptophlebia submarginata (ST.)	X	X		X				

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Potamanthus luteus (L.)	X	X	X	X	*	*		
Procloeon bifidum (BENGTSSON)				X				
Rhithrogena sp.	X							
Rhithrogena semicolorata (CURT.)	X							
Seratella ignita (PODA)	X	X			X	*		
Torleya major (KLAPALEK)	X							
PLECOPTERA								
Amphinemura sp.	X		X					
Amphinemura sulcicollis STEPH.	X							
Brachyptera sp.				X				
Dinocras sp.	X							
Isoperla sp.	X		X					
Leuctra sp.	X			X				
Leuctra armata KMP.	X							
Nemoura sp.	X							
Nemoura cinerea RETZ.	X							
Perla marginata PZ.	X							
Perlodes sp.	X							
ODONATA								
Anax imperator Leach					*			
Calopteryx splendens (HARR.)	X			X	*			
Calopteryx virgo (L.)				*				
Cercion lindenii (SELYS)				*				
Coenagrionidae				X				
Coenagrion sp.				X	X			
Gomphus flavipes (CHARPENTIER)					X	X	X	
Gomphus simillimus SELYS					*			
Gomphus vulgatissimus SELYS	X			X	X	*	*	
Ischnura elegans (LINDEN)				*				
Ophiogomphus cecilia (FOURCROY)				*				
Onychogomphus forcipatus (L.)	X			X		*		
Platycnemis pennipes (PALL.)	X			*				
Sympecma fusca (LINDEN)				*				
HETEROPTERA								
Aphelocheirus aestivalis (F.)	X	X		X	X	X		
Callicorixa praeusta (FIEB.)	X							
Gerris sp.				X				
Ilyocoris cimicoides (L.)	X	X						
Micronecta sp.	X	X	X	X				
Micronecta cf. griseola HORV.	X							
Micronecta cf. minutissima (L.)		X						
Sigara sp.	X			X				
COLEOPTERA								
Agabus sp.				X				
Brychius elevatus (PANZ.)		X						
Colymbetinae	X							
Dryopidae								*
Dryops sp.				X				
Dupophilus brevis MULSANT & REY			X					
Dytiscidae	X			X				
Elmidae	X	X		X				
Elmis sp.	X	X	X	X	X	X	X	

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Elmis aenea / maugetii	X				X	X		
Elmis rietscheli STEFFAN	X							
Esolus sp.		X	X	X			X	
Esolus angustatus PH. MÜLL.	X	X						
Esolus pallellepidus MÜLL.	X							
Gyrinidae	X	X		X				
Halplidae	X	X						
Halplus sp.	X			X				
Halplus fluviatilis (AUBÉ)	X							
Helephorus sp.								*
Hydrobius sp.				X				
Hydrophilidae		X						
Illybius sp.				X				
Laccobius sp.				X				
Laccophilus sp.		X						
Limnius sp.	X	X	X	X	X		X	
Limnius volckmari PANZ.	X	X				X		
Orectochilus villosus MÜLL.	X							
Oulimnius sp.			X	X				
Oulimnius rivularis ROSENHAUSER							*	
Oulimnius tuberculatus PH. MÜLL.	X	X				X		
Platambus maculatus (L.)	X			X			*	
Potamonectes sp.				X				
Potamonectes depressus (FABR.)	X							
Riolus sp.		X	X	X				
Stenelmis sp.	X							
Stenelmis canaliculata GYLLEN.	X	X	X	X	*			
Stictotarsus duodecimpustulatus (FA.)	X							
MEGALOPTERA								
Sialis lutaria (L.)	X		X	X			X	
Sialis nigripes PICT.						X	X	
PLANIPENNIA								
Sisyra sp.	X	X			X			*
Sisyra fuscata FABR.		X	X	X	X	X	X	
Sisyra terminalis CURT.		X	X	X	X	X	X	
TRICHOPTERA								
Agapetus sp.	X							
Agapetus delicatulus MC. L.	X							
Agapetus fuscipes CURT.	X							
Agapetus ochripes CURT.	X							
Agralyea sp.	X			X				
Agralyea multipunctata (McL.)					X		X	
Anabolia sp.				X				
Anabolia nervosa (CURT.)	X			X				
Athripsodes sp.	X	X		X				
Athripsodes albifrons (L.)	X							
Athripsodes aterrimus (STEPH.)				X				
Athripsodes bilineatus (L.)	X							
Athripsodes cinereus (CURT.)	X		X	X				
Brachycentrus subnubilus (KLAP.)					*			
Ceraclea sp.	X	X		X				
Ceraclea cf.aurea PICT.		X						

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Ceraclea albimacula/alboguttata	X	X	X		X	X	X	
Ceraclea annulicornis (RAMB.)						X		
Ceraclea dissimilis (STEPH.)	X	X	X	X	X	X	X	
Cheumatopsyche lepida (CURT.)	X	X	X	X		*		
Cyrnus trimaculatus (CURT.)	X	X	X	X	X			
Ecnomus tenellus (RAMB.)					X	X	X	X
Glossosoma sp.	X		X	X				
Glossosoma boltoni CURT.	X	X						
Glossosoma conformis NEBOISS	X							
Glossosoma intermedium KLAP.	X							
Goeridae		X	X	X				
Goera pilosa (FABR.)	X	X		X				
Holocentropus sp.				X				
Hydropsyche angustipennis (CURT.)	X	X	X	X	X	X		
Hydropsyche bulgaromanorum MAL.		X	X		X	X	X	X
Hydropsyche contubernalis (McL.)	X	X	X	X	X	X	X	*
Hydropsyche exocellata DUF.	X	X		X	X	X		
Hydropsyche incognita PITSCH	X	X	X			X		
Hydropsyche instabilis (CURT.)	X							
Hydropsyche pellucidula (CURT.)	X	X	X	X	X	X		
Hydropsyche siltalai DÖHLER	X	X						
Hydroptila sp.	X	X	X	X	X	X	X	*
Hydroptila sparsa (CURT.)							X	
Lasiocephala sp.				X				
Lasiocephala basalis (KOL.)	X	X						
Lepidostoma hirtum (FABR.)	X	X	X	X	X	X		
Leptoceridae	X	X						
Limnephilidae	X	X	X	X		X	X	
Limnephilus rhombicus (L.)	X							
Lype sp.				X				
Lype reducta HAGEN	X			X		X		
Metalype fragilis (PICT.)				X				
Mesophylax impunctatus (McL.)	X							
Mystacides sp.			X	X				
Mystacides azurea (L.)	X	X	X	X	X	X		
Mystacides longicornis (L.)			X					
Neureclipsis bimaculata (L.)	X			X				X
Oecetis sp.			X					
Oecetis notata (RAMB.)	X	X	X	X	X	X	X	
Oecetis ochracea (CURT.)			X	X				X
Oecetis testacea (CURT.)			X					
Orthotrichia sp.		X				X		
Plectrocnemia sp.	X			X		X		
Plectrocnemia conspersa (CURT.)	X							
Polycentropus sp.			X	X				
Polycentropus flavomaculatus (PICT.)	X	X		X	*			
Polycentropus irroratus CURT.	X							
Potamophylax latipennis (CURT.)	X							
Potamophylax rotundipennis (BRAUER)	X							
Psychomyia pusilla (FABR.)	X	X	X	X	X	X	X	X
Rhyacophila sp.	X	X	X	X	X	X	X	
Rhyacophila aurata BRAUER	X							

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Rhyacophila dorsalis (CURT.)	X	X		X				
Sericostoma sp.		X	X					
Sericostoma personatum K. & SP.	X							
Silo sp.	X		X	X				
Silo nigricornis (PICT.)	X							
Silo piceus (BRAUER)	X							
Setodes sp.		X	X	X				
Setodes punctatus (FABR.)	X	X	X	X				
Stactobia moselyi KIMMINS	X							
Tinodes sp.			X	X				
Tinodes waeneri (L.)	X	X	X	X	X		X	X
LEPIDOPTERA								
Acentria ephemerella			X	X				
Nymphula nymphheata L.								X
DIPTERA								
Anthomyidae	X			X				
Athericidae								
Atherix sp.	X							
Atherix ibis F.						X		
Brachyceridae								
Brachycera	X							
Ceratopogonidae								
Ceratopogonidae	X	X	X	X	X	X	X	X
Bezzia-Gr.	X							
Chironomidae	X	X	X	X	X	X	X	X
Tanypodinae								
Tanypodinae	X	X	X	X	X			
Apsectrotanypus trifascipennis (ZETT.)	X							
Conchapelopia arctope-Gr.								X
Macropelopia sp.	X							
Diamesinae								
Diamesinae	X	X	X	X				
Potthastia gaedii (MEIG.)	X							X
Potthastia longimanus KIEFF.								*
Prodiamesinae								
Prodiamesinae	X	X						
Prodiamesa olivacea (MEIG.)	X	X						X
Orthocladinae	X	X	X	X	X		X	X
Orthocladinae			X	X				*
Brillia modesta (MEIG.)								X
Cricotopus sp.								X
Cricotopus bicinctus (MEIG.)							X	X
Cricotopus intersectus-Gr.								X
Cricotopus intersectus (STAEG.)								X
Cricotopus isocladus								*
Cricotopus sylvestris (FABR.)								X
Cricotopus triannulatus (MACQ.)								X
Limnophyes sp.								X
Metricnemus terrester PAGG.								*
Nanocladius bicolor (ZETT.)							*	*
Procladius sp.								*
Paracladius conversus agg.							*	*

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Paratrichocladius rufiventris (MEIG.)							X	X
Psectrocladius sordidellus / limbatellus-Gr.								X
Rheocricotopus atripes (KIEFF.)	X	X						
Symbiocladius rhithrogenae (ZAVREL)			X					
Synorthocladius semivirens (KIEFF.)								X
Thalassosmittia thalassophila (BEQU. & GOET.)								X
Chironominae: Chironomini								
Chironomini sp.			X	X				X
Chironomus sp.								X
Chironomus acutiventris WÜLK., RYS. & SCH.								*
Chironomus bernensis WÜLK. & KLÖT.	X	X						
Chironomus nudiventris								*
Chironomus obtusidens-Gr.	X	X						
Chironomus plumosus L.			X	X				
Chironomus thummi-Gr.	X	X	X	X	X	X		
Cryptochironomus sp.							X	X
Cryptochironomus defectus KIEFF.								*
Demicrochironomus sp.	X	X						
Dicrotendipes nervosus-Gr.								X
Dicrotendipes nervosus (STAEGGER)								X
Glyptotendipes sp.								*
Glyptotendipes pallens (MEIG.)								*
Glyptotendipes paripes EDW.								*
Harnischia sp.								*
Kloosia pusilla (L.)							X	X
Microtendipes sp.	X							
Microtendipes chloris-Gr.								X
Microtendipes pedellus-Gr.	X							
Microchironomus tener (KIEFF.)								X
Parachironomus arcuatus-Gr.							*	X
Parachironomus arcuatus (GOETG.)								X
Parachironomus kampen							*	X
Paratendipes intermedius								X
Phaenopsectra sp.								*
Polypedilum sp.								*
Polypedilum bicrenatum-Gr.								*
Polypedilum bicrenatum KIEFF.								X
Polypedilum breviantennatum							X	X
Polypedilum nubeculosum-Gr.								*
Polypedilum nubeculosum (MEIG.)							*	X
Robackia demeyerei (KRUSEMANN)								X
Xenochironomus xenolabis (KIEFF.)								X
Chironominae: Tanytarsini								
Tanytarsini			X	X				X
Cladotanytarsus sp.-Gr.							*	
Cladotanytarsus sp.								*
Cladotanytarsus mancus-Gr.							*	X
Micropsectra sp.								X
Neozaviella sp.								X
Paratanytarsus sp.								X
Rheotanytarsus sp.					X	X	X	X
Stempellina bausei (KIEFF.)							*	*

Troncon du Rhin	HR1	HR2	OR1H	OR1R	OR2	MR	NR1	NR2
Tanytarsus sp.							X	X
Zavrelia sp.								*
Culicidae								
Anopheles sp.				X				
Empididae	X	X	X		X	X		
Clinocerinae				X				
Hemerodromiinae	X		X	X				
Ephydriidae		X						
Limoniidae	X	X	X	X	X	X		
Anthocha sp.	X	X	X	X				
Anthocha vitripennis			X	X				
Dicranota sp.	X	X						
Muscidae								*
Limnophora sp.	X							
Psychodidae	X							
Simuliidae	X	X	X	X	X	X		
Simulium sp.					X		X	
Simulium equinum (L.)		X			X	X		
Simulium erythrocephalum (DE GEER)					*			
Simulium lineatum (MEIG.)		X			X	X	X	
Simulium omatum (MEIG.)		X						
Simulium reptans (L.)		X	X				X	
Stratiomyidae				X				
Tabanidae				X				
Tipulidae	X		X			X		*
SPONGILLIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X
Ephydatia fluviatilis (L.)					X	X	X	
Ephydatia mülleri (LIEBK.)					X			
Spongilla fragilis (LEIDY)					X	X		
Spongilla lacustris (L.)					X		X	
Trochospongilla horrida WELTN.					X	X		
BRYOZOA								X
Cristatella mucedo CUV.	X			X		X	X	
Fredericella sultana (BLUMENB.)	X				X	X	X	
Paludicella articulata (EHRENB.)			X		X	X	X	
Plumatella sp.	X				X	X		
Plumatella emarginata (ALLM.)		X	X		X	X	X	
Plumtella fructicosa/repens					X	X	X	
HYDROZOA								X
Cordylophora caspia (PALL.)		X	X		X	X	X	
Hydra sp.		X	X	X	X		X	