



Centre de Recherche Public
Gabriel Lippmann

Evaluation de la qualité biologique de l'Our à partir des macroinvertébrés benthiques.

Projet LIFE-Nature « Moule perlière »
(LIFE NAT 05/L/000116)

Août 2008

1. Stations étudiées

Les deux sites de prélèvement se situent sur le cours supérieur de l'Our au Luxembourg (carte 1). Le site Our 1 se trouve directement après la frontière au lieu dit des « trois frontières ». Il est situé une centaine de mètres en aval de la confluence entre l'Our et le Reibaach. Le site Our 2 (aval Kalbermillen) se trouve un peu moins de 5 km en aval du site précédent, non loin du moulin de Kalborn. Ces analyses biologiques sont réalisées dans le cadre du projet LIFE-Nature « Moule perlière » (LIFE NAT 05/L/000116) et vise à vérifier, à partir des macroinvertébrés benthiques, la qualité biologique de ce secteur de cours d'eau. En particulier, il s'agira de vérifier une éventuelle eutrophisation du cours d'eau et la sédimentation de fines particules organiques et inorganiques susceptible d'induire le colmatage des substrats grossiers. Le prélèvement de la faune benthique a été réalisé tard dans la saison (mi-novembre) mais en conditions de basses eaux. Bien que la plupart des normes de prélèvement de la faune benthique n'imposent pas de période stricte de prélèvement, un débit stabilisé depuis au moins une dizaine de jours est néanmoins nécessaire. Cependant, il est évident que l'évaluation de la qualité biologique peut être influencée par la période à laquelle les prélèvements sont effectués. Il est en effet connu que les communautés d'invertébrés aquatiques évoluent au cours de l'année du fait des cycles saisonniers des espèces et de l'évolution des conditions du milieu (hydrologie, qualité de l'eau, végétation aquatique...).

2. Principe et méthodologie générale

Pour répondre aux objectifs de cette étude, il nous est apparu judicieux de réaliser un prélèvement de type « biodiversité ». Cette méthode de prélèvement consiste à maximiser l'effort d'échantillonnage dans les différents habitats présents au niveau d'un secteur de cours d'eau déterminé. Bien que ces analyses ne puissent pas être considérées comme strictement quantitatives (le protocole ne permet pas de relier la biodiversité obtenue à une unité de surface précise), le fait que les différents substrats soient prélevés méthodiquement de la même manière (temps, choix des substrats) et par le même opérateur assure une certaine homogénéité et reproductibilité des résultats obtenus au niveau de plusieurs stations. Ceci est le cas pour les stations échantillonnées dans le cadre de cette étude qui ne sont éloignées que de quelques kilomètres sur le même cours d'eau et qui présentent une mosaïque d'habitats relativement similaire.

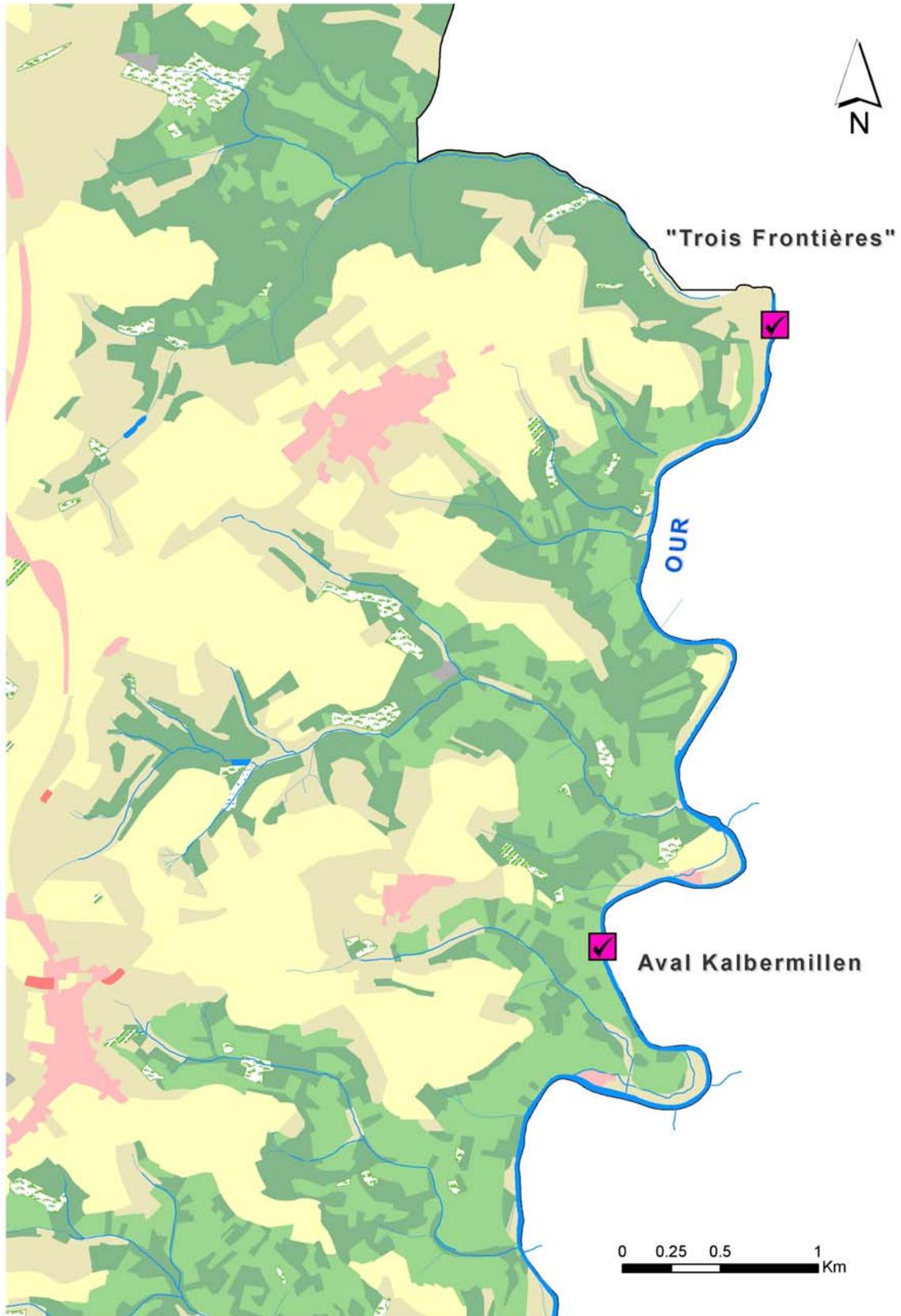


Figure 1: Localisation des deux stations d'échantillonnage sur l'Our

Les méthodes indicielles habituelles telles que l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé : AFNOR, 2004), méthode officielle utilisée au Luxembourg pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau à partir des macroinvertébrés benthiques, ne permettent en général pas de déceler et d'identifier les différents types de perturbation et plus particulièrement ceux liés aux dégradations de type hydro-morphologique. D'une part, ce type de méthode ne prend en compte que deux types de métriques : le premier représente le nombre de taxa présents au niveau d'une station, il s'agit donc d'une mesure de richesse en taxons et pas d'un indice de diversité proprement dit ; le deuxième tient compte à partir d'une échelle de polluo-sensibilité du taxon le plus sensible présent au niveau de la station. De plus, ces méthodes ne nécessitent en général qu'une identification des organismes benthiques au niveau de la famille. Or, bien que certaines familles de macroinvertébrés se comportent de manière homogène en terme de polluo-sensibilité, d'autres présentent au sein d'une même famille à la fois des taxa sensibles et des taxa tolérants à la pollution. Ces méthodes permettent donc une évaluation globale et synthétique de la qualité écologique de la rivière mais pas l'identification précise des différents types d'altérations subis par la rivière.

Dans le cadre de ce travail, nous avons calculé sur base des listes faunistiques relevées au niveau de nos deux stations, plusieurs métriques qui relèvent à la fois de mesures de richesse, de composition, de diversité, de traits fonctionnels, de conditions trophiques ou de préférence pour tel ou tel type de conditions environnementales.

Pour l'évaluation des différents types de perturbation, nous nous baserons sur les résultats issus du projet AQEM¹, financé par l'Union européenne et dont l'objectif principal était de développer, sur base des macroinvertébrés benthiques, un outil d'évaluation de la qualité des cours d'eau en Europe qui rencontre les recommandations de la directive-cadre européenne sur l'Eau (AQEM consortium 2002, Hering et al. 2003, Hering et al. 2004, Hering et al. 2006, Schmidt-Kloiber et al. 2006).

Seuls les métriques permettant de distinguer différentes classes de perturbation et répondant de manière claire et spécifique à l'un ou l'autre facteur de stress (pollution organique, acidification ou dégradation de l'habitat physique) ont été retenus. De plus, le choix de ces métriques s'est fait de manière à couvrir divers aspects concernant la structure, la composition, la santé et la fonction des communautés aquatiques (Hering et al. 2004). Finalement ces métriques ont été combinés entre eux en indices multimétriques permettant d'évaluer les différents types de perturbation associés aux différents types de cours d'eau. Dans cette approche multimétrique, on peut distinguer les étapes principales suivantes :

- La liste faunistique établie au niveau du site échantillonné constitue le point de départ.
- A partir de cette liste faunistique, plusieurs métriques sont calculés ; ces métriques sont classés en fonction de leur sensibilité à un facteur

¹ The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates

de stress particulier, par exemple la dégradation physique de l'habitat ou la pollution organique.

- En général, les résultats des métriques sont convertis en scores par comparaison avec les résultats obtenus pour un site appartenant à un type de cours d'eau donné en conditions de référence.
- Les scores obtenus à partir des résultats de ces métriques qui sont spécifiques d'un facteur de stress particulier sont transformés en classes de qualité spécifiques au facteur de stress considéré et combinés en une simple formule multimétrique (habituellement la moyenne arithmétique de tous les scores) dans un module d'évaluation spécifique du facteur de stress considéré, par exemple un module pour l'évaluation de la dégradation physique des habitats et un autre module pour l'évaluation de la pollution organique.
- Les classes de qualité spécifiques au facteur de stress considéré sont finalement converties en classe de qualité écologique en privilégiant la situation la plus dégradante.

Cette procédure permet en outre de faciliter l'interprétation étant donné que les résultats sont présentés à trois niveaux différents : (1) la classe de qualité écologique, (2) les classes de qualité des modules individuels et (3) les résultats de chacun des métriques.

Nous avons utilisé les deux modules disponibles pour le type de cours d'eau étudié dans le cadre de cette étude : le type O9 selon la typologie allemande et luxembourgeoise «Silikatische, fein- bis grobmateriale reiche, Mittelgebirgsflüsse». Le premier module calcule un indice multimétrique qui mesure la pollution organique sur base d'un seul métrique : l'indice saprobique (nouvelle version). Le second module permet de mesurer une « dégradation générale » sur base de différents métriques : diversité (Shannon-Wiener), German Fauna Index (DO5), % metarhithral, Rheoindex (Banning), % type Pel, EPT % (voir description ci-après). Ce dernier module mesure en fait l'impact de pressions telles que les dégradations de type hydromorphologique ainsi que l'occupation intensive du sol (dominance de surface urbanisée ou de surfaces vouées à l'agriculture intensive). Les effets de ces deux types de pression sont difficiles à séparer, c'est pourquoi, ils sont regroupés sous le terme de « dégradation générale » (Hering et al. 2004).

Description succincte des métriques utilisés :

Indice de diversité de Shannon-Wiener

Formule :

$$D_{S-W} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$$

où: A est l'abondance totale

n_i est le nombre d'individus de l'espèce i

Critère de la DCE rencontré :

Diversité

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Pollution organique ; dégradation de l'habitat physique ; dégradation générale

Commentaires et interprétation:

En cas de perturbation, l'indice de diversité de Shannon-Wiener décroît. Cette diminution de diversité suggère que les niches écologiques, l'habitat ou les ressources en nourriture sont inadéquats pour assurer la coexistence d'un grand nombre d'espèces.

Référence:

Shannon & Weaver (1949).

Indice faunistique allemand D05

Formule :

L'indice faunistique allemand est basé sur des scores attribués à chaque espèce (ces scores sont différents suivant le type de cours d'eau analysé) et est calculé à partir de la formule suivante :

$$Totalscore = \frac{\sum_i^N sc_i \cdot a_i}{\sum_i^N a_i}$$

où: i est le nombre de taxons indicateurs

N est le nombre total de taxons indicateurs

sc_i est le score du taxon i

a_i est la classe d'abondance du taxon i

Les scores se distribuent entre les valeurs -2 (taxons qui sont présents dans les rivières présentant un habitat physique dégradé) à $+2$ (taxons apparaissant préférentiellement dans les rivières présentant un habitat proche de l'habitat naturel, par exemple : les espèces xylophages)

Critère de la DCE rencontré :

Abondance ; pourcentage de taxons sensibles par rapport aux taxons tolérants

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Dégradation de l'habitat physique

Commentaires et interprétation:

En cas de perturbation de l'habitat, les indices faunistiques allemands D04 et D05 décroissent. Les faibles valeurs obtenues par ces indices indiquent l'absence de taxons dépendant de conditions d'habitat et de courant diversifiées.

Référence:

Lorenz *et al.* (2004).

Métarhithral

Formule :

De manière analogue au métrique précédent, il s'agit du pourcentage de taxons que l'on rencontre préférentiellement au niveau du métarhithron. La répartition des scores pour chaque modalité se fait également de la même manière que dans l'exemple précédent.

Critère de la DCE rencontré :

Composition taxonomique ; pourcentage de taxons sensibles par rapport aux taxons tolérants ; diversité

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Pollution organique ; dégradation de l'habitat physique

Commentaires et interprétation:

Une valeur élevée de ce métrique est caractéristique de cours d'eau proches de l'état de référence. Une valeur faible indique une certaine « potamabilisation » du cours d'eau résultant de conditions d'habitat similaires aux larges rivières de plaine et caractérisées par un courant très faible.

Référence:

Moog (1995)

Rheoindex

Formule :

Les nombres d'individus sont convertis dans les classes de fréquence suivantes:

$$f(n) = \begin{cases} 0 & \text{pour } n = 0 \\ 1 & \text{pour } 0 < n < 2 \\ 2 & \text{pour } 2 \leq n < 21 \\ 3 & \text{pour } 21 \leq n < 41 \\ 4 & \text{pour } 41 \leq n < 81 \\ 5 & \text{pour } 81 \leq n < 160 \\ 6 & \text{pour } 161 \leq n < 320 \\ 7 & \text{pour } 320 < n \end{cases}$$

Des valeurs 0, 1, 2 ou 3 sont attribuées à chaque taxon en fonction de leur préférendum de courant (RIB). Le Rheoindex est ensuite calculé grâce à la formule suivante :

$$\text{Rheoindex}(\text{classed'abondance}) = \frac{2 \cdot \sum (a_i \text{RIB}_1)}{2 \cdot \sum (a_i \text{RIB}_1) + 2 \cdot \sum (a_i \text{RIB}_2) + 2 \cdot \sum (a_i \text{RIB}_3)}$$

où: $a_i \text{RIB}_1$ est la classe d'abondance du taxon i dont la valeur dans le champ « RIB » est « 1 »

a/RIB2 est la classe d'abondance du taxon i dont la valeur dans le champ « RIB » est « 2 »

a/RIB3 est la classe d'abondance du taxon i dont la valeur dans le champ « RIB » est « 3 »

Critère de la DCE rencontré :

Composition taxonomique ; abondance ; pourcentage de taxons sensibles par rapport aux taxons tolérants ; diversité

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Pollution organique ; dégradation de l'habitat physique ; dégradation générale

Commentaires et interprétation:

Une faible proportion de taxa rhéophiles entraîne une diminution de cet indice et est caractéristique de cours d'eau présentant des rives dégradées ou rectifiées. La vitesse du courant est en général assez faible (<0.15 m/s) et trop homogène.

Référence:

Banning (1990)

Péfal

Formule :

Il s'agit du pourcentage de taxons que l'on rencontre préférentiellement au niveau du microhabitat de type péfal : boues, vases dont la granulométrie est inférieure à 0,063 mm. Les préférences pour un microhabitat particulier sont calculées de la même manière que pour les métriques liés aux préférences en terme de zonation (épirhithral et métarhithral) : 10 points sont distribués à l'ensemble des modalités « préférences microhabitat » en fonction des affinités de chaque taxon. Par exemple, si on rencontre un taxon avec une préférence de 40% pour le psammal (sables et limons dont la granulométrie est comprise entre 0.063 et 2 mm) et 60% pour l'akal (granulats grossiers dont la granulométrie est comprise entre 2 et 20 mm), 4 points et 6 points seront attribués respectivement à ces 2 modalités. Les pourcentages de préférence pour chacune des modalités sont ensuite calculés à partir des scores obtenus précédemment et l'abondance de tous les taxons (en incluant ceux dont le score est nul).

Critère de la DCE rencontré :

Composition taxonomique ; pourcentage de taxons sensibles par rapport aux taxons tolérants ; diversité

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Pollution organique ; dégradation de l'habitat physique

Commentaires et interprétation:

En cas de perturbation, on peut s'attendre à une augmentation de la proportion d'organismes ayant une préférence pour le microhabitat de type péfal. En effet, des processus tels que la rectification ou l'artificialisation des berges, sont susceptibles d'entraîner une diminution et une homogénéisation du courant. Celles-ci entraînent alors la sédimentation des particules fines véhiculées par le courant pouvant

provoquer le colmatage des substrats solides présents dans le lit de la rivière et favorisant les organismes qui vivent dans les boues et les vases au détriment de ceux qui vivent dans les substrats constitués par des éléments minéraux de grande taille (pierres, galets).

Référence:

Schmedtje & Colling (1996)

EPT

Formule :

Il s'agit de la somme des abondances des taxons appartenant à l'ordre des Epheméroptères, Plécoptères et Trichoptères.

Les nombres d'individus sont convertis dans les classes de fréquence suivantes:

$$f(n) = \begin{cases} 0 & \text{pour } n = 0 \\ 1 & \text{pour } 0 < n < 2 \\ 2 & \text{pour } 2 \leq n < 21 \\ 3 & \text{pour } 21 \leq n < 41 \\ 4 & \text{pour } 41 \leq n < 81 \\ 5 & \text{pour } 81 \leq n < 160 \\ 6 & \text{pour } 161 \leq n < 320 \\ 7 & \text{pour } 320 < n \end{cases}$$

Critère de la DCE rencontré :

Composition taxonomique ; abondance ; pourcentage de taxons sensibles par rapport aux taxons tolérants ; diversité.

Type de perturbation susceptible d'être évalué:

Pollution organique ; dégradation de l'habitat physique ; dégradation générale

Commentaires et interprétation:

Les taxons appartenant aux ordres des Plécoptères, Epheméroptères et Trichoptères sont réputés être sensibles à l'altération des cours d'eau. Une diminution de leur diversité suggère que les niches écologiques, l'habitat et les ressources en nourriture sont insuffisants ou inadéquats pour permettre la coexistence d'un grand nombre d'espèces différentes. De manière générale, les valeurs faibles de ce métrique indiquent une diversité d'habitat insuffisante qui est à mettre en relation soit avec un courant trop homogène, soit avec une structure de lit de rivière trop peu diversifiée.

Indices biotiques :

Nous avons également calculé des indices biotiques tels l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) ainsi que l'indice multimétrique (ICMi : Intercalibration Common Multimetric index). Ce dernier a été mis au point au

cours du processus européen d'intercalibration des méthodes d'évaluation de la qualité des cours d'eau (Buffagni & Erba, 2004; Erba et al. 2004). Les critères principaux qui ont été retenus pour élaborer les métriques individuels sont les suivants : (1) cohérence avec les recommandations de la DCE et notamment la prise en compte de différentes caractéristiques des communautés d'invertébrés benthiques pour l'évaluation de la qualité écologique (tolérance, richesse et abondance); (2) habilité de discriminer différentes classes de qualité le long d'un gradient de perturbation (basée sur les données de la littérature et les résultats des projets européens STAR et AQEM) ; (3) possibilité de calculer ces métriques dans un large contexte géographique (par exemple quand l'effort d'échantillonnage ou le niveau d'identification sont différents d'une région à l'autre). Les métriques sont ainsi répartis en trois groupes (tableau 1) : « Tolérance » ; « Abondance/habitat » ; « Richesse et diversité ». Dans chacune de ces catégories, les valeurs individuelles des différents métriques sont pondérées de manière à donner plus d'importance aux métriques les plus robustes qui sont basés sur l'ensemble de la communauté (Buffagni et al. 2004b). Ensuite, la même pondération est donnée aux trois groupes de métriques (0.333) pour obtenir le score final de l'indice multimétrique.

Type d'information	Type de métrique	Nom du métrique	Taxa	Bibliographie	Pondération
Tolérance	indice	ASPT	Ensemble de la communauté	Armitage <i>et al.</i> , 1983	0.333
Abondance/habitat	Abondance	$\text{Log}_{10} (\text{Sel_EPTD}+1)$	Log (somme des Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae & Nemouridae)	Buffagni <i>et al.</i> , 2004b ; Buffagni & Erba, 2004	0.266
	Abondance	1-GOLD	1- (abondance relative des Gastropodes, Oligochètes et Diptères)	Pinto <i>et al.</i> 2004	0.067
Richesse et diversité	Nombre de taxa	Nombre total de familles	Somme de toutes les familles présentes au niveau du site	Ofenboch <i>et al.</i> 2004	0.167
	Nombre de taxa	Nombre de familles EPT	Somme des taxa appartenant aux Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères	Ofenboch <i>et al.</i> 2004 ; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0.083
	Indice de diversité	Indice de diversité de Shannon-Wiener	$D_{S-W} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	Hering <i>et al.</i> , 2004 ; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0.083

Tableau 1 : Métriques d'intercalibration (Intercalibration Common Metrics : ICMs) sélectionnés pour le processus d'intercalibration des méthodes d'évaluation nationales d'évaluation de la qualité des eaux courantes à partir des macroinvertébrés. Modifié d'après Erba *et al.* 2004.

3. Résultats et discussion

3.1. Liste faunistique

Le tableau 2 reprend la liste des taxons identifiés au niveau des deux stations étudiées. L'unité taxonomique retenue est en général la famille, quelques groupes faunistiques ont été identifiés au niveau générique (Mollusques, Coléoptères, Crustacés, Ephéméroptères, Hirudinées, Mégaloptères) ou spécifique (Trichoptères) lorsque cela était possible.

3.2. Indices biotiques et interprétation

Quelque soit l'indice biotique utilisé, l'évaluation de la qualité de ces deux secteurs de cours d'eau de l'Our sur base des macroinvertébrés s'avère « bonne » à « très bonne ». Le module de la procédure AQEM permettant de mesurer le paramètre « pollution organique » à partir de l'indice saprobique diffère très peu d'une station à l'autre et indique une bonne qualité biologique d'ensemble. Le rang de saprobité peut être qualifié de « oligosaprobe à β -mésosaprobe » : indice saprobie compris entre 1.5 et 1.8, selon la méthode allemande. De plus, quant on sait que l'indice saprobique se base sur une identification des taxons au niveau spécifique, on peut penser que cet indice est légèrement « sous-évalué » dans cette étude puisque seuls les trichoptères ont été identifiés à ce niveau. L'identification des autres groupes au niveau spécifique aurait probablement encore amélioré la note obtenue étant donné l'influence du nombre de taxons indicateurs sur le calcul de l'indice.

Les classes de la qualité écologique obtenues pour les deux stations sont « bonnes » pour l'IBGN et « très bonne » pour l'ICMi. Dans le cas de l'IBGN, le groupe faunistique indicateur est donné par les Brachycentridae (Trichoptères) et par à la fois les Brachycentridae (Trichoptères) et les Leptophlebiidae (Ephéméroptères) pour les stations OUR 1 et OUR 2, respectivement. Parmi les Leptophlebiidae, c'est le genre *Paraleptophlebia* qui est présent, probablement *Paraleptophlebia submarginata* qui est une espèce assez caractéristique des cours d'eau de référence au Luxembourg (Dohet et al. in press). Pour les trichoptères Brachycentridae, les espèces *Brachycentrus maculatus* (très abondant au niveau des deux stations), *B. subnubilus*, *Micrasema setiferum* et dans une moindre mesure *B. montanus* (un seul individu identifié au niveau de la station OUR 1). *B. maculatus* est une espèce caractéristique des sites de référence pour ce type de cours d'eau. *B. subnubilus* et *M. setiferum* sont également des espèces caractéristiques de ce type de cours d'eau mais relativement indifférents par rapport aux conditions de référence. *B. montanus* est une espèce très sensible à la qualité de l'eau mais est plutôt fréquente dans les cours d'eau de plus petite taille (rhithral) et de bonne qualité (Dohet et al. in press). Il est à noter que toutes ces espèces possèdent également une valence saprobique faible (1.0 pour *B. montanus* ; 1.5 pour *M. setiferum* ; 1.8 pour *B. maculatus* et 2.0 pour *B. subnubilus*) indiquant un rang de saprobité oligosaprobe à β -mésosaprobe. Parmi les trichoptères, les autres espèces sensibles et/ou caractéristiques des conditions de référence pour ce type de cours d'eau sont : *Sericostoma schneideri/personatum*, *Glossosoma conformis*, *Oecismus monedula*, *Oecetis testacea*, *Polycentropus*

flavomaculatus et *Lasiocephala basalis*. A noter aussi la présence de *Glossosoma boltoni* au niveau de la station OUR 1, espèce relativement rare au Luxembourg puisque observée uniquement au niveau de trois sites (petits affluents de la Sûre supérieure) dans le cadre des projets Rhithral et Potamon (1994 – 2002). Elle figure parmi les espèces prioritaires en matière de protection dans les annexes (liste 1) du Plan National de Protection de la Nature au Luxembourg (Ministère de l'Environnement, 2007). Parmi les éphéméroptères, on notera la présence en abondance des genres *Ecdyonurus*, *Epeorus* (*Epeorus sylvicola*) et *Rhithrogena* parmi la famille des Heptageniidae. *E. sylvicola* est une espèce caractéristique des cours d'eau dont la taille du bassin versant est comprise entre 10 et 100 km² (rhithral) en condition de référence. Lorsqu'elle est présente dans des cours d'eau de taille de bassin versant supérieure comme c'est le cas pour l'Our, elle est relativement indifférente vis à vis des conditions de référence (Dohet et al. in press). Néanmoins, la présence de cette espèce indique la présence en abondance de substrats stables dans des conditions de courant moyennes et rapides. Les larves du dernier stade de cette espèce colonisent de manière préférentielle les zones plus lenticules où du bois mort est présent. Leur présence au niveau d'un secteur de cours d'eau indique donc une zone de transition intacte entre les habitats terrestres et aquatiques. Le genre *Ecdyonurus* est représenté au Luxembourg par les espèces *Ecdyonurus venosus*, *E. torrentis* ou *E. insignis*. Seule *E. venosus* est une espèce caractéristique des cours d'eau de type 9 en condition de référence (Dohet et al. in press). Néanmoins, ces trois espèces possèdent des valences saprobiales relativement faibles comprises entre 1.5 et 2.0, synonymes de rang de saprobité oligosaprobe-β-mésosaprobe à β-mésosaprobe. Parmi les *Rhithrogena*, l'espèce la plus probable dans ce type de cours d'eau devrait faire partie du groupe *semicolorata*. Il s'agit d'une espèce qui lorsqu'elle est présente dans des cours d'eau de taille moyenne comme l'Our est également indicatrice de conditions de référence (Dohet et al. in press). Signalons encore parmi la famille des Ephemerellidae, la présence de *Torleya major* qui est caractéristique des petits cours d'eau de référence mais relativement indifférente à la qualité écologique du milieu lorsqu'elle est présente dans des cours d'eau comme l'Our.

Tableau 2: Liste faunistique et abondances des taxons identifiés au niveau des deux stations d'échantillonnages

				OUR 1	OUR 2
				07/11/2007	07/11/2007
				Trois Frontières	moulin de Kalborn / Tintemillen
				6,13773 / 50,12894	6,12565/50,09992
TaxaGroup	Family	Genus	Species		
Bivalvia	SPHAERIIDAE	Sphaerium	sp.	0	23
Coleoptera	DYTISCIDAE	Platambus	sp. Lv.	1	0
Coleoptera	ELMIDAE	Elmis	sp. Lv.	8	13
Coleoptera	ELMIDAE	Elmis	sp. Ad.	8	2
Coleoptera	ELMIDAE	Esolus	sp. Ad.	2	0
Coleoptera	ELMIDAE	Oulimnius	sp. Ad.	0	2
Coleoptera	ELMIDAE	Riolus	sp. Lv.	2	0
Coleoptera	ELMIDAE	Stenelmis	sp.	0	1
Coleoptera	GYRINIDAE	Orectochilus	sp. Lv.	13	2
Coleoptera	HYDRAENIDAE	Hydraena	sp. Ad.	8	2
Crustacea	GAMMARIDAE	Gammaridae	Gen. sp.	17	24
Crustacea	GAMMARIDAE	Gammarus	sp.	70	32
Crustacea	GAMMARIDAE	Niphargus	sp.	0	1
Diptera	[UOrd:Nematocera]	Nematocera	Gen. sp.	5	1
Diptera	ATHERICIDAE		Gen. sp.	8	7
Diptera	CERATOPOGONIDAE		Gen. sp.	4	0
Diptera	CHIRONOMIDAE		Gen. sp.	174	50
Diptera	LIMONIIDAE		Gen. sp.	2	0
Diptera	SIMULIIDAE		Gen. sp.	1712	912
Diptera	TABANIDAE		Gen. sp.	1	0
Ephemeroptera	BAETIDAE	Baetidae	Gen. sp.	254	88
Ephemeroptera	BAETIDAE	Baetis	sp.	53	24
Ephemeroptera	CAENIDAE	Caenis	sp.	7	3
Ephemeroptera	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	sp.	0	1
Ephemeroptera	EPHEMERELLIDAE	Torleya	major	9	3
Ephemeroptera	EPHEMERIDAE	Ephemera	danica	6	0
Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus	sp.	26	31
Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Epeorus	sylvicola	26	8
Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Heptageniidae	Gen. sp.	2	5
Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	sp.	16	24
Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE	Paraleptophlebia	sp.	1	4
Gastropoda	HYDROBIIDAE	Bythiospeum	sp.	0	1
Gastropoda	LYMNAEIDAE	Radix	sp.	0	1
Gastropoda	PLANORBIDAE	Ancylus	sp.	140	57
Heteroptera	APHELOCHEIRIDAE	Aphelocheirus	aestivalis	0	2
Hirudinea	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	sp.	10	7
Hirudinea	ERPOBDELLIDAE	Erpobdellidae	Gen. sp.	5	0
Hirudinea	GLOSSIPHONIIDAE	Glossiphonia	sp.	1	2
Hydrachnidia	[Ph:Hydrachnidia]	Hydrachnidia	Gen. sp.	63	29
Megaloptera	SIALIDAE	Sialis	sp.	2	0
Odonata	CALOPTERYGIDAE	Calopterygidae	Gen. sp.	1	0
Odonata	CALOPTERYGIDAE	Calopteryx	sp.	6	0
Oligochaeta	[Kl:Oligochaeta]	Oligochaeta	Gen. sp.	494	20
Plecoptera	NEMOURIDAE	Protonemura	sp.	1	0
Plecoptera	PERLIDAE	Perla	marginata	0	1
Trichoptera	BRACHYCENTRIDAE	Brachycentrus	montanus	0	1
Trichoptera	BRACHYCENTRIDAE	Brachycentrus	subnubilus	10	13
Trichoptera	BRACHYCENTRIDAE	Brachycentrus	maculatus	548	391
Trichoptera	BRACHYCENTRIDAE	Micrasema	setiferum setiferum	27	15
Trichoptera	GLOSSOSOMATIDAE	Glossosoma	boltoni	5	0
Trichoptera	GLOSSOSOMATIDAE	Glossosoma	conformis	2	0
Trichoptera	GOERIDAE	Goera	pilosa	4	3
Trichoptera	GOERIDAE	Silo	piceus	11	1
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Cheumatopsyche	lepida	0	8
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	pellucidula	3	2
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	siltalai	21	148
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	sp.	2	9
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	incognita	0	12
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	pellucidula/incognita	20	26
Trichoptera	LEPIDOSTOMATIDAE	Lasiocephala	basalis	9	9
Trichoptera	LEPIDOSTOMATIDAE	Lepidostoma	hirtum	18	7
Trichoptera	LEPTOCERIDAE	Ceraclea	annulicornis	17	13
Trichoptera	LEPTOCERIDAE	Mystacides	azurea	22	0
Trichoptera	LEPTOCERIDAE	Oecetis	testacea	2	0
Trichoptera	LIMNEPHILIDAE	Chaetopteryx	fusca/villosa	2	0
Trichoptera	LIMNEPHILIDAE	Limnephilidae	Gen. sp.	3	7
Trichoptera	LIMNEPHILIDAE	Potamophylax	sp.	1	0
Trichoptera	LIMNEPHILIDAE	Potamophylax	luctuosus/fatipennis	1	0
Trichoptera	POLYCENTROPODIDAE	Polycentropus	flavomaculatus	7	9
Trichoptera	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	dorsalis / fasciata	10	7
Trichoptera	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	fasciata	6	0
Trichoptera	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	sp.	6	7
Trichoptera	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	dorsalis-Gr.	0	1
Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE	Oecismus	monedula	2	1
Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	schneideri	11	4
Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	personatum	8	0
Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	schneideri/personatum	28	2

3.3. Indice multimétrique d'évaluation de la « dégradation générale »

Le tableau 4 reprend les valeurs individuelles des métriques et des classes de qualité correspondantes permettant d'évaluer la « dégradation générale » (hydromorphologique et occupation des sols) des secteurs de cours d'eau étudiés. Globalement la qualité physique de l'habitat peut être jugée « modérée » (OUR 1) et « bonne » (OUR 2). Ces valeurs de l'indice multimétrique semblent être influencées par le mauvais résultat obtenu pour l'indice de diversité de Shannon-Wiener au niveau des deux stations étudiées. Rappelons toutefois que ce dernier est sous-évalué étant donné que seuls les trichoptères ont été identifiés au niveau spécifique. Un indice de diversité de Shannon-Wiener faible est censé indiquer une diversification de niches écologiques ou de ressources en nourriture insuffisantes ne permettant pas la coexistence d'un grand nombre d'espèces différentes, mais il convient de rester prudent au niveau de cette interprétation en fonction de la remarque précédente. Le « German Fauna Index DO5 » indique une classe de qualité écologique bonne (OUR 1) à très bonne (OUR 2). Ce résultat implique que des taxons dont la présence dépend de conditions diversifiées d'habitats et de courants sont bien présents dans les deux stations étudiées et plus particulièrement au niveau de la station OUR 2. Les mêmes niveaux de qualité, bon et très bon, respectivement pour la station OUR 1 et OUR 2, sont observés pour le métrique « % metarhithral » et indiquent que ces secteurs de cours d'eau sont proches de l'état de référence pour ce critère. Le « rheoindex » est bon pour le site OUR 1 et moyen pour le site OUR 2. Dans ce dernier cas, il indique donc une altération modérée de l'habitat de ce secteur de cours d'eau (rives relativement dégradées ou rectifiées ; vitesse du courant plus faible et assez homogène). Le pourcentage de taxons que l'on rencontre préférentiellement au niveau des microhabitats de type péral (boues, vases,...) donne encore une fois une classe de qualité qui peut être qualifiée de bonne (OUR 1) et très bonne (OUR 2). Ce métrique ne nous permet donc pas de déceler une altération significative des berges des deux secteurs de cours d'eau étudiés qui se traduirait par une diminution et une homogénéisation importante du courant entraînant la sédimentation de particules fines et le colmatage des substrats de granulométrie élevée présents dans le lit de la rivière. Un autre métrique qui est susceptible d'indiquer des vitesses de courant trop homogènes entraînant une sédimentation excessive de particules en suspension et le colmatage de substrats stables est la proportion d'organismes généralistes du point de vue de leur alimentation tels les organismes collecteurs. Ceux-ci se nourrissent par filtration dans la colonne d'eau ou sont mangeurs de substrats fins et possèdent un régime alimentaire plus large que les organismes spécialistes tels les organismes racleurs, brouteurs ou perceurs. Ils sont plus tolérants à certaines formes de dégradation qui peuvent restreindre la disponibilité en ressources alimentaires. Les valeurs observées pour ce métrique (« % gatherers / collectors ») pour les stations OUR 1 et OUR 2 sont respectivement de 40.8 et 14.6. Bien que ces valeurs ne nous permettent pas d'attribuer une classe de qualité précise aux sites étudiés, nous pouvons constater que la proportion de ces organismes généralistes est relativement plus importante au niveau du site OUR 1 par

rapport au site OUR 2, indiquant une sédimentation plus importante des particules fines et un certain colmatage des substrats stables au niveau de ce site. Enfin la proportion de taxons appartenant aux ordres des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT %) indique une bonne qualité écologique pour les deux sites inventoriés et plus précisément une diversification suffisante des habitats et des conditions de courant. Remarquons, à l'inverse de l'indice saprobique et de l'indice de diversité de Shannon, que l'identification des trichoptères au niveau spécifique est susceptible d'entraîner une surestimation du résultat obtenu par ce métrique en augmentant la proportion des organismes EPT par rapport aux autres groupes.

Tableau 3: Indices biotiques calculés à partir des listes faunistiques. (a) Indice saprobique allemand (nouvelle version). (b) Indice biologique global normalisé (IBGN) et « intercalibration common index (ICMi).

(a)

Probenahme		OUR 1 Trois Frontières		OUR 2 moulin de Kalborn / Tintesmillen	
Staat	Germany, official system				
Fließgewässertyp	Typ 09				
Taxaliste	original				
Stressor	Organic Pollution	result	quality class	result	quality class
Ergebnis			good		good
	German Saprobic Index (new version)	1,654	good	1,704	good
	- Dispersion	0.059	-	0.07	-
	- Abundance	68	-	52	-

(b)

Stations		OUR 1 Trois Frontières		OUR 2 moulin de Kalborn / Tintesmillen	
Résultats		result	quality class	result	quality class
	IBGN (Indice Biologique Global Normalisé)	16	good	16	good
	ICMi (Intercalibration Common Index)	1.017	high	0.981	high

Tableau 4: Evaluation de la “dégradation générale” des secteurs de cours d’eau étudiés (dégradations de type hydromorphologique et occupation intensive du sol) à partir de différents métriques calculés à partir des listes faunistiques relevées au niveau des deux stations étudiées.

Probenahme			OUR 1 Trois Frontières			OUR 2 moulin de Kalborn / Tintesmiller		
			result	score (0-1)	quality class	result	score (0-1)	quality class
Staat		Germany, official system						
Fließgewässertyp		Typ 09						
Taxaliste		original						
Stressor		General degradation						
Ergebnis				0.59	moderate		0.70	good
	Vielfalt, Diversität	Diversity (Shannon-Wiener-Index)	2,187	0.20	poor	2,223	0.22	poor
	Toleranz	- German Fauna Index D05	0.529	0.73	good	0.867	0.86	high
	Funktionen	- [%] metarhithral (scored taxa = 100%)	25,573	0.62	good	32,852	0.91	high
	Funktionen	Rheoindex (Banning, with abundance)	0,707	0.65	good	0.633	0.57	moderate
	Funktionen	- [%] Type Pel (scored taxa = 100%)	7,834	0.72	good	2,767	0.93	high
	Zusammensetzung	- EPT [%] (abundance classes)	57,595	0.65	good	59,375	0.69	good

4. Conclusions

Ces différents résultats nous permettent globalement de conclure que la qualité biologique indiquée par les invertébrés benthiques, peut être considérée comme bonne à très bonne au niveau des deux secteurs de cours d'eau analysés sur l'Our dans le cadre de cette étude. L'interprétation générale doit rester prudente étant donné les restrictions expliquées précédemment. Plus particulièrement il est important de prendre en compte d'une part le fait que les identifications au niveau spécifique n'ont concerné pratiquement que l'ordre des trichoptères, ce qui est susceptible de sous ou surestimer certains métriques (indice saprobique, indice de diversité de Shannon-Wiener, % EPT par exemple). D'autre part, le calcul d'une méthode indicielle tel l'IBGN ne repose pas sur le protocole d'échantillonnage standardisé préconisé par la méthode. Tenant compte de ces restrictions, on peut toutefois considérer que les invertébrés benthiques ne nous ont pas permis de détecter une pollution organique ou une eutrophisation significatives au niveau de ces deux secteurs de cours d'eau. D'une manière générale pour ce type de cours d'eau, il est reconnu que les macroinvertébrés constituent de bons indicateurs du facteur de stress « pollution organique » étant donné que ces organismes sont directement affectés par la concentration en oxygène disponible dans l'eau, tout comme les poissons d'ailleurs. Par contre, si l'objectif de l'étude est d'estimer l'enrichissement en nutriments, les diatomées et/ou les macrophytes devraient être considérées en priorité (Hering et al. 2006).

En ce qui concerne l'évaluation de la qualité physique des habitats (facteurs de dégradation de type hydromorphologique ou liés à une occupation du sol dominée par les surfaces artificialisées et/ou les cultures intensives), les macroinvertébrés benthiques sont en général considérés comme les bioindicateurs les plus adéquats surtout à l'échelle spatiale de l'habitat. Pour les modifications hydromorphologiques à l'échelle du bassin versant, les poissons sont souvent considérés comme l'option la plus appropriée. Les résultats obtenus ici ne nous permettent pas de détecter de problèmes significatifs de sédimentation et de colmatage de substrats stables puisque les métriques calculés par la procédure AQEM nous indiquent des classes de qualité allant de « bonne » à « très bonne » pour la plupart des paramètres pour ce type de cours d'eau (voir tableau 4). Néanmoins, si on compare uniquement les deux stations inventoriées dans le cadre de cette étude, des métriques tels le pourcentage d'organismes préférant les microhabitats de type péral (% type Pel.) et la proportion d'organismes généralistes du point de vue de leur alimentation (% gatherers / collectors), on peut alors constater une situation plus défavorable au niveau du site OUR 1 par rapport au site OUR 2. Ceci indiquerait une dégradation relative de la qualité des berges (processus de rectification ou d'artificialisation par exemple) entraînant des conditions de courant plus homogènes, la sédimentation de particules fines et le colmatage éventuels de substrats stables à granulométrie élevée (blocs et cailloux principalement).

Bibliographie

- AFNOR, 2004. Qualité de l'eau : Détermination de l'indice biologique global normalisé (I.B.G.N.). Normalisation française NF T90-350. AFNOR, Paris. Mars 2004, 16 p.
- AQEM consortium, 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic invertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002: 198 p.
- Armitage P. D., Moss D., Wright J.F. & M.T. Furse, 1983. The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333-347.
- Banning M., 1990. Der Rheo-Index – eine Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen des Flussschlaufs auf die benthische Lebensgemeinschaft. *Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung der DGL*: 186 - 190.
- Böhmer J., Rawer-Jost C. & A. Zenker, 2004. Multimetric assessment of data provided by water managers from Germany: assessment of several different types of stressors with macrozoobenthos communities. *Hydrobiologia* 516: 215 – 228.
- Buffagni A. & S. Erba, 2004. A simple procedure to harmonize class boundaries of European assessment systems. Discussion paper for the Intercalibration process – WFD CIS WG 2.A ECOSTAT ,6 February 2004, 21pp.
- Buffagni A., Erba S., Cazzola M. & J.L. Kemp, 2004 a. The AQEM multimetric system for the southern Italian Apennines: assessing the impact of water quality and habitat degradation on pool macroinvertebrates in Mediterranean rivers. *Hydrobiologia* 516, 313–329.
- Buffagni A., Birk S., Erba S., Cazzola M., Feld C., Murray-Blight J., Furse M. T., Clarke R., Ofenböck T., Herring D. & H. Soszka, 2004 b. Matrix of possible class boundaries of grades of 'Ecological Status' associated with different methods and stressors. "Contribution of the STAR Project to the European CIS Intercalibration process": 236 pp. (unpublished report).
- Dohet A., Ector L., Cauchie H.M. & L. Hoffmann. (in press) Identification of specific aquatic communities (benthic invertebrates and diatoms) under reference conditions in the different stream types occurring in the G-D of Luxembourg. *Animal Biology*.
- Erba S., Buffagni A. & J. G. Wasson, 2004. STAR ICM index step-by-step procedure for the intercalibration pilot exercise. Technical notes on the STAR ICMi procedure for the European Intercalibration. STAR Project, CNR-IRSA, Brugherio (MI), Italy. September, 17th 2004. 5pp.
- Hering D., Buffagni A., Moog O., Sandin L., Sommerhäuser M., Stubauer I., Feld C., Johnson R., Pinto P., Skoulikidis N., Verdonschot P. & S. Zahrádková, 2003. The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates – Design of the sampling

- programme within the AQEM project. *International Review of Hydrobiology* 88: 345-361.
- Hering D., Johnson R.K., Kramm S., Schmutz S., Szoszkiewicz K. & P. Verdonschot, 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish : a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology* 51, 1757-1785.
- Hering D., Meier C., Rawer-Jost C., Feld C.K., Biss R., Zenker A., Sundermann A., Lohse S. & J. Böhmer, 2004. Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: selection of candidate metrics. *Limnologica* 34, 398-415.
- Lorenz A., Hering D., Feld C.K. & P. Rolauuffs, 2004. A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna of five German stream types. *Hydrobiologia* 516: 107 – 127.
- Ministère de l'Environnement, 2007. Plan National Protection Nature (PNPN 2007-2011) – Rapport final. 113pp.
- Moog O. (ed) 1995. *Fauna Aquatica Austriaca*. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Ofenböck T., Moog O., Gerritsen J. & M. Barbour, 2004. A stressor specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using benthic macro-invertebrates. In: D. Hering, P.F.M. Verdonschot, O. Moog & L. Sandin (eds), *Integrated Assessment of Running Waters in Europe*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *Hydrobiologia* 516 : 251-268.
- Pinto P., Rosado J., Morais M. & I. Antunes, 2004. Assessment methodology for southern siliceous basins in Portugal. In: D. Hering, P.F.M. Verdonschot, O. Moog & L. Sandin (eds), *Integrated Assessment of Running Waters in Europe*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *Hydrobiologia* 516 : 191-214.
- Schmedtje U. & M. Colling, 1996. *Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna*. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96, Diskette; München.
- Schmidt-Kloiber A., Graf W., Lorenz A. & O. Moog, 2006. The AQEM/STAR taxalist – a pan-European macro-invertebrate ecological database and taxa inventory. *Hydrobiologia* 566: 325-342.
- Shannon C.E. & W. Weaver, 1949. *The mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois press, Urbana, IL.

