



HAL
open science

Evaluer la qualité de l'hydrosystème par la végétation aquatique. De l'approche fonctionnelle à l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière et son application en grands cours d'eau.

Christian Chauvin, Jacques J. Haury, Christophe Laplace-Treyture, M.C. Peltre, E. Breugnot, A. Dutartre

► To cite this version:

Christian Chauvin, Jacques J. Haury, Christophe Laplace-Treyture, M.C. Peltre, E. Breugnot, et al.. Evaluer la qualité de l'hydrosystème par la végétation aquatique. De l'approche fonctionnelle à l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière et son application en grands cours d'eau.. Journée CETMEF-MEDD. Suivi Environnemental des aménagements et travaux maritimes et fluviaux, May 2006, Paris, France. hal-01453728

HAL Id: hal-01453728

<https://hal.science/hal-01453728>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluer la qualité de l'hydrosystème par la végétation aquatique. De l'approche fonctionnelle à l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière et son application en grands cours d'eau.

Christian CHAUVIN¹ - *Agrocampus Rennes & Université de Bourgogne*
Jacques HAURY² - *Agrocampus Rennes & INRA - UMR EQHC*
Marie-Christine PELTRE³ - *Université Paul Verlaine Metz – SciFa BFE*
Christophe LAPLACE-TREYTURE⁴ - *REBX Cemagref*
Emilie BREUGNOT – *REBX Cemagref*
Alain DUTARTRE - *REBX Cemagref*

- Groupe d'Intérêt Scientifique *Macrophytes des eaux continentales* -

Mots-clés : indices biologiques, macrophytes, grands cours d'eau, phytoécologie aquatique, écosystèmes fluviaux, impact hydroécologique.

1. Les macrophytes des cours d'eau : un compartiment méconnu

Les macrophytes en grands cours d'eau constituent un compartiment assez mal connu malgré l'omniprésence de leurs peuplements, souvent assez limités il est vrai, mais qui présentent parfois un développement excessif occasionnant des nuisances : phénomènes d'eutrophisation, proliférations d'espèces exotiques introduites ou de macrophytes autochtones favorisés par des perturbations physiques. Aussi, les études actuelles^{1,2} sont-elles encore pionnières, les références acquises antérieurement sur ce type de milieu correspondant surtout à des analyses descriptives, synthétisées par exemple dans les « cahiers d'habitats »³. Il faut néanmoins signaler les approches opérationnelles liées à la problématique « eutrophisation », puis « SEQ Bio », considérant une première estimation des recouvrements macrophytiques d'espèces « à problèmes » ou indicatrices d'un niveau trophique élevé⁴.

L'utilisation d'indices hydrobiologiques pour évaluer la qualité et les caractéristiques du fonctionnement des hydrosystèmes permet d'obtenir une vision synthétique et exhaustive, à travers un compartiment intégrateur du système^{5,6,7}. Les performances d'un indice dépendent de la sensibilité du compartiment biologique choisi (assez sensible pour montrer des variations, pas

¹ CST – Université de Bourgogne. 6, bd Gabriel – 21000 DIJON.

christian.chauvin@u-bourgogne.fr

² Agrocampus Rennes. UMR INRA-ENSAR EQHC - 65 rue de Saint Briec, CS 84215 – 35042 RENNES CEDEX. jacques.haury@rennes.inra.fr

³ Université Paul Verlaine – Metz. LBFE. Campus Bridoux, avenue du Général Delestraint - 57070 METZ CEDEX. peltre@univ-metz.fr

⁴ Cemagref – Unité de recherche Réseaux, épuration et qualité des eaux. 50, av de Verdun - 33612 CESTAS-GAZINET. christophe.laplace-treuture@bordeaux.cemagref.fr

trop pour se maintenir dans toutes les conditions), de sa réaction aux facteurs environnementaux qu'il subit, de sa représentativité dans un hydroécosystème, des modalités méthodologiques et interprétatives de son étude.

Plusieurs niveaux biologiques peuvent être utilisés, du plus spécifique au plus global, les premiers fournissant généralement une information précise mais partielle, les seconds une vision plus large mais moins détaillée.

Deux ensembles de paramètres conditionnent la réaction d'un compartiment biologique aquatique, à des degrés différents selon le type d'organismes considéré : la qualité de l'eau, matrice du milieu aquatique, et celle de l'habitat physique. Dans ce dernier ensemble de métriques se rangent les facteurs hydrodynamiques (vitesse d'eau, profondeur, stabilité du lit et des berges,...), la nature et l'occupation des berges, l'éclairement, etc.

Il s'agit ici de préciser ce que peuvent apporter les macrophytes en terme de diagnostic de qualité des cours d'eau, tant en terme de fonctionnement, de réactions par rapport aux perturbations que d'évaluation de l'état trophique. En effet, les différents compartiments biologiques ne sont pas indépendants les uns des autres, puisqu'ils sont tous des composants des mêmes réseaux trophiques. Par exemple, les végétaux servent d'habitat et de nourriture aux invertébrés, qui servent aussi de nourriture aux poissons, qui ont eux-mêmes besoin de végétaux pour se reproduire.

2. Les végétaux aquatiques

Comme dans tous les autres écosystèmes, les végétaux sont à la base des réseaux trophiques aquatiques, en produisant de la biomasse à partir d'éléments minéraux et d'énergie lumineuse. Ce compartiment est donc un fidèle reflet du potentiel productif du milieu, en influant directement sur les autres compartiments biologiques, et d'ailleurs également sur le milieu lui-même (production de sédiments, modification des paramètres physico-chimiques de l'eau et des écoulements, évolution de l'« habitabilité » du milieu pour les organismes animaux).

Considérer les végétaux aquatiques comme un bon indicateur biologique du fonctionnement global de l'écosystème peut donc s'avérer tout à fait pertinent, puisque qu'ils sont à la fois le reflet des conditions abiotiques régnant dans le milieu et un support potentiel majeur de la richesse hydroécologique globale.

Par ailleurs, les végétaux et leur activité biologique peuvent modifier l'état de l'hydrosystème, en terme physico-chimiques ou hydrauliques (notion d'espèces ingénieurs⁸). Leur prise en compte est à ce titre susceptible d'expliquer certains « dysfonctionnements » par rapport à des modèles simples de gestion des cours d'eau.

2.1 Composition

Le compartiment végétal aquatique comprend plusieurs types biologiques de nature et de fonction différentes :

- Le *phytoplankton*, composé d'algues unicellulaires libres ou en petites colonies, qui vivent en suspension dans la masse d'eau. Cette forme végétale constitue la majeure partie de la biomasse dans les cours d'eau lents et profonds et les systèmes lacustres, là où l'éclairage du fond est insuffisant pour permettre l'implantation d'une végétation fixée.
- Le *phytobenthos*, que l'on considèrera ici comme formé également d'algues unicellulaires, tapissant les substrats immergés (rochers, sédiments).

Ces deux premiers groupes concernent les **microphytes**, c'est-à-dire les plantes dont la structure n'est bien visible qu'au microscope, qui constituent macroscopiquement des flocons, des colorations de l'eau, des feutrages, des biofilms plus ou moins mucilagineux. Les végétaux aquatiques les plus visibles sont les **macrophytes**, plantes entièrement visibles à l'œil nu, parmi lesquels on distingue plusieurs groupes fonctionnels :

- les *hélophytes*, enracinés dans le substrat et développant leur appareil végétatif au-dessus de l'eau (type « roseaux »). Ils colonisent les zones de plus faible profondeur, et sont souvent amphibiens.
- Les *hydrophytes flottants*, tels les lentilles d'eau, sans fixation au substrat, puisant leurs ressources nutritives dans l'eau et photosynthétisant dans l'atmosphère, à la surface de l'eau.
- Les *hydrophytes à feuilles flottantes* (nénuphars, par exemple), sont enracinés mais échangent avec l'atmosphère, leurs feuilles s'étendant à la surface de l'eau.
- Les *hydrophytes immergés*, fixés au fond et développant leur appareil végétatif dans la masse d'eau.

Cette classification⁹, utilisée dans les applications « eutrophisation » depuis 1985, correspond à une fonction écologique de chaque type, en relation avec le rôle spécifique de chaque population, aussi bien au niveau physique que dans son mode d'interaction physico-chimique avec son environnement (eau, sédiment, atmosphère).

Une autre classification correspond à la taxonomie : parmi les macrophytes on trouve des phanérogames (plantes à fleurs), des bryophytes (mousses et hépatiques), des lichens, des algues filamenteuses (comme les Cladophores) et des colonies bien délimitées de cyanobactéries benthiques ou épiphytiques (comme les Oscillaires).

Enfin, une dernière classification, importante en raison des problèmes biologiques induits, correspond à l'origine biogéographique des espèces : autochtones ou introduites, ces dernières étant a priori plus susceptibles de proliférer^{10,11}.

2.2 Sensibilité des macrophytes à leur environnement

Parmi la multitude de facteurs qui détermine la nature, la forme et la répartition du peuplement végétal aquatique, quelques métriques ont généralement une influence prépondérante. C'est principalement en fonction de ces facteurs que l'on pourra interpréter les résultats de l'étude de la flore aquatique en grands cours d'eau.

L'hydrogéochimie permet de distinguer plusieurs cas en fonction des caractéristiques chimiques de l'eau que lui confère la lithologie du bassin versant (eaux « dures » carbonatées, eaux « douces » peu minéralisées). Ces caractéristiques sont un critère de conditionnement du peuplement végétal. Toutefois, dans les grands cours d'eau drainant de très vastes superficies, les influences anthropiques et la diversité des apports naturels des sous bassins, la qualité hydrochimique est relativement homogène, avec une minéralisation forte à très forte.

La charge en nutriments est un des facteurs de contrôle les plus importants de la nature et de l'abondance du peuplement végétal. Il s'agit principalement des formes de phosphore et d'azote biodisponibles dans l'eau et les sédiments. Dans un système donné, et à contexte mésologique équivalent, on peut considérer que la teneur en phosphore règle le niveau trophique potentiel du système. Ce niveau est généralement élevé dans les zones aval des grands cours d'eau.

La lumière conditionne directement la possibilité d'implantation et de développement de la végétation aquatique. Dans les systèmes fluviaux, ce sont exclusivement les zones rivulaires ou les bras secondaires ou court-circuités qui sont susceptibles d'héberger les peuplements végétaux aquatiques, pour des raisons de profondeur, de transparence, d'usage (navigation), d'entretien du chenal, etc. La turbidité, naturelle ou induite par les activités humaines, constitue la principale limitation du développement de ces formations.

Le substrat joue un rôle important dans la répartition stationnelle des végétaux. Sa nature peut conditionner la présence de certains taxons, mais son comportement dynamique est souvent le critère le plus sélectif : ainsi, les bryophytes ne peuvent se maintenir que si des supports fixes et solides sont disponibles ; de même, les substrats mobiles, vaseux ou sableux, érodés ou déposés par des phénomènes hydrologiques ou le batillage, ne permettent pas l'installation de peuplements pérennes et équilibrés, même si l'enracinement de certaines espèces peut être facilité par ces substrats meubles.

La morphologie des berges est également un facteur de contrainte forte, puisque les zones rivulaires sont les plus favorables à la végétation aquatique dans les systèmes fluviaux. La forme de la partie immergée de la berge détermine ainsi les possibilités d'implantation et le type de la végétation potentielle : berges plates ou verticales, platis, degré d'artificialisation, intensité des aménagements tels qu'encrochements, perrés, maçonneries, canalisation, endiguement, etc.

Les contraintes hydrauliques que subit la zone de berge, en modifiant sa morphologie et en générant des phénomènes de brassage et de courants, limitent

également les possibilités de végétalisation. Ces contraintes souvent fortes sont généralement dues à la navigation (convois de fort gabarit), et aggravées par la déstructuration du profil transversal du lit, qui se traduit par une instabilité de la berge (anciennes exploitations de granulats en lit mineur, entretien d'un chenal profond à proximité des berges,...).

Enfin, **l'hydrologie** du cours d'eau constitue aussi un facteur extrêmement important, car il conditionne les possibilités de développement des peuplements et de bon déroulement de leur cycle. La stabilité du régime hydrologique est un facteur d'équilibre et de stabilité des peuplements. A l'inverse, des régimes très variables quant à la vitesse ou au niveau de l'eau, n'autorisent qu'une colonisation d'espèces opportunistes à développement rapide, surtout si cette variabilité hydrologique est combinée à des configurations de berge banalisée. Ces conditions sont alors favorables à des phénomènes de prolifération, signe du déséquilibre écologique du milieu. La plupart des axes fluviaux français étant régulés pour la production d'hydroélectricité ou la navigation, ils sont assez peu soumis à des variations importantes en période de végétation estivale.

3. L'indice biologique macrophytique en rivière – IBMR

3.1 La méthode

L'indice biologique macrophytique en rivière est basé sur un inventaire exhaustif de tous les taxa constitutifs des peuplements macrophytiques¹². On cherche donc à décrire le peuplement de « grandes plantes », qui prennent une part physique importante dans l'écosystème, par une approche biocénotique (prise en compte de tout le peuplement et des interrelations entre espèces). Il s'agit donc d'un compromis, puis que l'on ne s'intéresse qu'à une partie du compartiment végétal, les algues planctoniques et benthiques (à l'exception de quelques formes coloniales) n'étant pas considérées.

Une liste de référence de 208 taxa est définie parmi l'ensemble de tous les macrophytes, comprenant des espèces polluo-résistantes, polluo-sensibles ou banales. Chacun de ces taxa (dans la majorité des cas les genres pour les algues, et les espèces pour les phanérogames, les bryophytes, les ptéridophytes et les lichens) est affecté de deux coefficients :

- une cote spécifique, traduisant l'affinité pour les conditions trophiques du milieu, de 0 (dystrophe / hypereutrophe et pollution organique forte) à 20 (très oligotrophe) ;
- un coefficient de sténoécie, reflétant le degré de bioindication, c'est-à-dire la représentativité par rapport à des conditions mésologiques précises (1 : taxon euryèce ; 3 : taxon sténoèce⁵).

⁵ Euryèce : qui s'adapte à une large gamme de conditions écologiques. Sténoèce : cantonné à des conditions mésologiques particulières.

Le relevé de la composition du cortège floristique observé sur une station est complété par l'attribution d'un coefficient de recouvrement pour chaque taxon inventorié, estimé sur le terrain, selon 5 classes (1 : juste présent à 5 : très abondant et recouvrant).

Ces deux aspects qualitatif (liste floristique et coefficients de chaque taxon) et quantitatif (recouvrement de chaque taxon) sont intégrés sous la forme d'une note indicielle, de 0 à 20, selon la formule :

$$IBMR = \frac{\sum_i^n E_i \times K_i \times CS_i}{\sum_i^n E_i \times K_i}$$

avec : **i** = taxon contributif, **n** = nombre total de taxons contributifs,
CS_i = cote spécifique (de 0 à 20), **E_i** = coefficient de sténoécie (de 1 à 3),
K_i = coefficient d'abondance (1 à 5).

3.2 La norme et son application aux grands cours d'eau

Le protocole de l'IBMR a été normalisé en France par l'AFNOR en octobre 2003, sous l'indice NF T-90 395. Ce document « spécifie la méthode de détermination de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) pour déterminer le statut trophique des rivières, applicable aux parties continentales des cours d'eau naturels ou artificialités »¹³.

Son domaine principal d'application est constitué par les cours d'eau de petite et moyenne dimension, où les macrophytes constituent généralement la majeure partie de la biomasse végétale, et où toute la surface en eau est potentiellement végétalisable, en fonction, toutefois, de la typologie morphologique du lit.

Dans les systèmes fluviaux, en revanche, le phytoplancton représente souvent une part largement majoritaire des producteurs primaires, les macrophytes étant cantonnés aux zones rivulaires. L'IBMR, appliqué dans ces systèmes, représente alors surtout un indice « zones rivulaires » qui se prête à un diagnostic de ces franges fluviales les plus concernées par les aménagements et les activités humaines. Ces zones constituent une entité primordiale de la richesse écologique des grands hydrosystèmes.

Afin de permettre une approche indicielle par l'IBMR sur la totalité du réseau hydrographique français, dans le cadre, par exemple des réseaux de surveillance ou de référence, la méthode de base a été complétée dès sa formalisation par un protocole annexe adapté aux grands cours d'eau profonds. Dans le document AFNOR, cette annexe est normative, c'est-à-dire qu'elle fait partie intégrante du protocole normalisé. Les différences principales avec la méthode de base, dans laquelle la prospection du lit est totale, directe et se réalise à pied, concerne le mode de relevé de la végétation immergée. En zones profondes, le substrat étant invisible de la surface ou inaccessible avec des moyens simples, le relevé se fait en suivant un plan d'échantillonnage statistique, par points-contacts sur des

transects prédéfinis. Un minimum d'une centaine de points-contacts est nécessaire pour obtenir une vision satisfaisante de la zone prospectée^{1,14}. Sur chaque point, échantillonné au râteau télescopique, les espèces présentes sont relevées, ainsi que leur abondance. Ce dernier critère est estimé selon 5 classes, définies dans la norme.

Un relevé conforme au protocole de base est reconstitué, en pondérant les observations présence/absence de chaque taxon par les classes d'abondance respectives :

$$R_T = \frac{100(n_5 + 0,75n_4 + 0,5n_3 + 0,25n_2 + 0,05n_1)}{\sum n_i}$$

avec : R_T : taux de recouvrement en % du taxon T sur la station,
 n_5 à n_1 = nombre d'échantillons présentant des indices d'abondance respectifs de 5 à 1 pour le taxon considéré,
 n_i = nombre total d'échantillons observé (= nombre de points contacts réalisés).

Il est éventuellement possible sur ce type de milieu de considérer la « station » IBMR non pas comme un tronçon de cours d'eau, qui, dans les très grands cours d'eau, est un assemble de milieux très différents, mais comme une zone de relevé¹⁵. Cette approche, divergente de la méthode normalisée, peut permettre une application circonstanciée au contexte local et à l'objectif, en comparant par exemple la qualité écologique de deux rives opposées, l'impact d'un aménagement ou d'un usage particulier, l'évolution de la richesse après des travaux de restauration.

Dans tous les cas, l'application de l'IBMR à de grands systèmes fluviaux doit être précédée d'une réflexion sur le mode d'approche le plus pertinent^{14,16,17,18}.

4. Que peut-on attendre de l'IBMR en milieu fluvial ?

Un des intérêts du protocole de l'IBMR est de fournir une liste floristique complète, sans a priori sur le caractère bioindicateur des taxons présents, incluant la totalité de la végétation macrophytique aquatique. Le traitement de l'information peut donc suivre plusieurs voies, puisque la donnée de base est solide et exhaustive.

La valeur de l'IBMR, dans les systèmes fluviaux, fournit en elle-même une information qui doit être complétée par une analyse plus approfondie. En effet, le type de cours d'eau considéré se situe dans un domaine eutrophe par nature. L'indice reflètera donc ce positionnement typologique, avec des valeurs généralement inférieures à 10. Le niveau exact sera fixé par les conditions mésologiques locales et par la qualité de l'eau et sa charge en nutriments. On pourra toutefois mettre en évidence des différences significatives de l'état ou de l'intérêt écologique avec des variations de 2 à 4 points de l'indice. Par exemple, des phénomènes de proliférations dus à l'artificialisation des berges ou une

turbidité augmentée par le trafic ou une activité locale spécifique feront réagir la valeur indicielle. Cette efficacité de la réponse permet d'évaluer des différences d'état ou de potentiel locaux¹⁹, et peut être très utile dans la mise en œuvre d'interventions de gestion.

La structure du peuplement, permettra de comprendre les contraintes environnementales. Elle sera étudiée sur la base de la liste floristique, pondérée par les recouvrements spécifiques. Cette analyse sera utilement complétée par la cartographie de la végétation, éventuellement reportée de clichés aériens. Les facteurs de contrôle de la végétation pourront classiquement être reliés à la morphologie de la partie immergée de la berge, à la présence d'aménagements hydrauliques particuliers (épaves, digues immergées), aux conséquences d'un fonctionnement artificialisé (perturbation à l'aval et à l'amont d'un ouvrage de retenue, tronçon régularisé), à la distribution des habitats (profondeurs, substrats, vitesse).

La richesse écologique sera estimée sur la base de la liste floristique. Dans le cadre d'une pré-évaluation d'impact d'aménagement de berge, par exemple, la connaissance des espèces présentes est un préliminaire à l'avis sur la préservation du patrimoine naturel. Les grands systèmes fluviaux, même partiellement anthropisés, sont susceptibles d'héberger des espèces ou des formations végétales patrimoniales bénéficiant d'un statut de protection. A l'inverse, la présence d'espèces exotiques (envahissantes ou non) sera mise en évidence par cet inventaire floristique, même si ces espèces ne peuvent pas être prises en compte dans le calcul de l'indice, leur écologie n'étant pas stabilisée.

La qualité potentielle des habitats pour d'autres compartiments biologiques (poissons, avifaune, invertébrés, microphytes) peut également être estimée par le diagnostic structurel de la végétation aquatique : types végétaux présents (hélrophytes, hydrophytes flottants ou immergés, habitabilité des formations végétales immergées), répartition, représentation relative des strates et des ceintures, etc...

Certaines pollutions particulières peuvent également être mises en évidence à la lecture des résultats floristiques et structurels. La charge en nutriments, bien entendu, influe directement sur la valeur de l'indice, mais des altérations spécifiques de certaines activités conditionnent également l'état des peuplements, comme le taux de matières en suspension, la dynamique de dépôt – érosion, la présence importante de déchets flottants, la présence de substances nocives, de matière organique dégradable.

L'exploitation de ces relevés présente donc un potentiel important, en intégrant non seulement la connaissance du compartiment biologique macrophytique lui-même, mais également les facteurs mésologiques principaux qu'il traduit. Il est également possible de mener cette analyse sous un aspect phytoécologique, associant des états explicatifs à la présence et au comportement des espèces inventoriées, voire sous un angle phytosociologique, mettant en évidence un degré de conformité des peuplements avec des références connues³. On peut alors

estimer un taux de « dommage », traduisant une perturbation, ou du moins un écart à une situation de référence.

En complément, le suivi des peuplements, dans le cas de travaux d'aménagement ou de restauration, apporte une vue diachronique qui met en évidence l'effet ou l'efficacité des interventions techniques. L'analyse de la vitesse d'évolution des formations végétales et du comportement de chaque population apporte également des informations précises et utiles sur la réaction écologique du milieu à la suite de la modification induite.

5. Les limites

L'évaluation écologique d'hydrosystèmes fluviaux réalisée sur la base du peuplement macrophytique possède évidemment des limites, qu'il convient de bien cerner pour conserver la pertinence de la démarche.

Au regard des termes constitutifs de l'IBMR lui-même, le type trophique dans lequel se classe la quasi-totalité des fleuves et très grands cours d'eau européens est assez étroit, avec un statut trophique élevé. L'indice ne sera donc susceptible de répondre que sur une plage de variation assez faible. L'analyse complémentaire présentée ici doit donc être considérée comme indispensable.

L'IBMR est un protocole normalisé, mais nous avons vu que son application aux grands cours d'eau fait l'objet d'une extension méthodologique. La référence à la norme, si elle garantit un cadre fixé, ne peut être valide que si la mise en œuvre se fait en connaissance de cause.

Le domaine fluvial se situe en limite « aval » de la gamme d'application de l'IBMR. Ces grands systèmes doivent être abordés avec prudence par un protocole intégrateur, car ils sont en fait constitués d'une mosaïque d'entités écologiques parfois très différentes les unes des autres, mais difficiles à cerner car imbriquées aussi bien dans l'espace que dans les fonctionnalités. Utiliser un outil indiciel sous-entend donc la mise en œuvre d'un raisonnement méthodologique préalable.

Comme pour les autres approches hydroécologiques, les compétences nécessaires à l'application de l'IBMR sont du domaine de spécialistes. Il est donc nécessaire de se référer d'une part aux documents existants (norme Afnor et guide technique⁶) et, d'autre part, au réseau de macrophytistes français pour une mise en œuvre initiale, non seulement dans une démarche de diagnostic utilisant l'IBMR, mais aussi dans le cadre d'opération de gestion des plantes aquatiques.

Le domaine estuarien est exclu du protocole et de son cadre interprétatif. En effet, ces milieux intermédiaires, très riches et au fonctionnement particulier, ne réagissent pas de façon identique aux eaux intérieures. Dans une optique visant au

⁶ Guide méthodologique d'application de l'IBMR, actuellement en cours d'achèvement par le groupe « IBMR » du *GIS Macrophytes des eaux continentales*, à paraître en 2006.

suivi d'aménagement et de travaux fluviaux et maritime, on se trouvera confronté à des systèmes comportant des gradients entre domaines fluvial, estuarien, côtier. Il conviendra alors de sortir du cadre de méthodes cadrées, pour retenir une approche écologique adaptée. L'utilisation des peuplements d'hélophytes frangeants peut par exemple permettre d'estimer la valeur et le fonctionnement écologique de zones estuariennes. Ces applications sont encore du domaine prospectif.

Les références nationales et européennes sont encore incomplètes en ce qui concerne les habitats fluviaux, d'autant qu'il existe une grande variété de types en fonction du mode structural (annexes fluviales, relations avec le lit majeur) et du degré d'anthropisation. Le raisonnement comparatif utilisant d'autres cas est donc toujours à manier avec précaution et doit tenir compte de la typologie, des caractéristiques mésologiques à l'échelle locale et à l'échelle du bassin versant. Certains systèmes européens ont été étudiés et fournissent des références intéressantes. Ainsi, l'ensemble du cours principal du Danube a fait l'objet d'une cartographie et d'un diagnostic des peuplements macrophytiques²⁰, mais ces références ne peuvent pas être directement transposées à d'autres systèmes.

Enfin, l'analyse du peuplement macrophytique ne saurait être pertinente sans macrophytes ! En effet, dans les domaines fluviaux considérés, les zones extrêmement dégradées sur les plans physico-chimiques ou physiques n'hébergent parfois qu'une végétation macrophytique très réduite, voire inexistante. Son analyse ne peut alors apporter qu'une information assez pauvre, quoique traduisant déjà l'intensité de la dégradation.

6. En conclusion...

Le recours à la végétation aquatique dans le suivi environnemental de systèmes fluviaux est susceptible de fournir des informations intégratrices et précises quant à la qualité et au fonctionnement de ces hydrosystèmes, vus au travers des fonctionnalités écologiques des zones rivulaires. De par leur capacité à montrer une diversité floristique et faunistique élevées, ces zones sont une composante écologique essentielle des grands hydrosystèmes, bien que leur exploitation et leur aménagement historiques généralisés aient souvent conduit à une banalisation de leurs peuplements et à une perte importante de leur intérêt patrimonial et structurel.

On peut considérer que, à la condition de s'assurer d'une mise en œuvre adaptée et compétente, l'IBMR constitue une base méthodologique valable pour une telle approche. Ce protocole est normalisé, mais ses concepteurs lui ont maintenu une certaine plasticité pour une utilisation étendue à des systèmes s'éloignant du cadre de base.

La vision fournie par ce compartiment biologique est très complémentaire à d'autres angles d'étude, par exemple ceux concernant l'évaluation du fonctionnement physique et hydraulique du milieu. Le diagnostic de l'habitat

physique est certainement l'un des atouts majeurs des macrophytes en regard d'autres compartiments. Dans tous les cas, il est important, comme l'ont souligné de nombreux auteurs^{21,5}, de croiser les métriques de l'environnement pour avoir un diagnostic holistique d'état ou une évaluation d'impact d'aménagements.

La répartition des peuplements végétaux et ses transcriptions en termes de sensibilité, d'état de conservation, de fonctionnalité et de potentiel écologiques, telles qu'elles peuvent être cartographiées, sont superposables à la cartographie d'autres contraintes techniques ou environnementales prévues par l'aménageur ou planifiées par le gestionnaire. L'état écologique et les objectifs qui y sont liés peuvent ainsi être mieux intégrés dans les projets et les décisions de gestion.

Références

1. BREUGNOT E., DUTARTRE A., LAPLACE-TREYTURE C., HAURY J., 2004. Variabilité des peuplements de macrophytes en grands cours d'eau – Premiers résultats sur l'hydrosystème Adour-Garonne. *Ingénieries* **37** : 37-50.
2. CHAUVIN C., HAURY J., BOSC N., 2004. Utilisation de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR AFNOR T 90-395) en grand cours d'eau. Comparaison avec une approche typologique et mise en évidence des perturbations du profil longitudinal. *47^{ème} congrès de l'Association Française de Limnologie – Besançon 5-8 juillet 2004*.
3. HAURY J., 2002. 3260 : Rivières des étages planitiaire à montagnard avec végétation du *Ranunculion fluitantis* et du *Callitricho-Batrachion* pp. 191-222. In GAUDILLAT V. & HAURY J., coll. B. BARBIER & F. PESCHADOUR (Eds.) Cahiers d'habitats Natura 2000 – Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. **3** : Habitats humides. La Documentation Française, Paris : 457 p.
4. PRYGIEL J., HAURY J., 2006. 2.3. Monitoring methods based on algae and macrophytes. In G. ZIGLIO, SILIGARDI M., FLAIM G. (Eds). Biological monitoring of rivers pp. 155-170. J. Wiley & Sons, London.
5. LEMOALLE J., BERGOT F., ROBERT M., 2001. État de santé des écosystèmes aquatiques De nouveaux indicateurs biologiques. Cemagref éd., Paris, 176 p.
6. GENIN B., CHAUVIN C., MENARD F., 2003. Cours d'eau : pollutions – méthodes - IBGN, et indices biologiques. 2^{ème} édition, Educagri éd., Dijon), 221 p. + CDRom
7. HAURY J., PELTRE M.-C., MULLER S., THIÉBAUT G., TRÉMOLIÈRES M., DEMARS B., BARBE J., DUTARTRE A., BERNEZ I., GUERLESQUIN M. & LAMBERT E., 2001. Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des systèmes lotiques - Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau. Etudes sur l'Eau en France n°87, Min. Ecologie & Développement Durable : 101 p. + ann.
8. JONES C.G., LAWTON J.H., SHACHAK M., 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, **78**(7): 1946-1957.
9. HOLMES N.T.H., WHITTON B.A., 1977. The macrophytic vegetation of the River Tees in 1975 : observed and predicted changes. *Freshwat. Biol.*, **7**: 43-60.

10. PELTRE M.C., DUTARTRE A., BARBE J., HAURY J., MULLER S., OLLIVIER M., 2002. Synthèse bibliographique. Les proliférations végétales aquatiques en France : caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. 2. Impact sur les écosystèmes et intérêt pour le contrôle des proliférations. *Bull. fr. Pêche Piscic.* **365-366**: 259-280.
 11. PELTRE M.C., MULLER S., OLLIVIER M., DUTARTRE A., BARBE J., HAURY J., TREMOLIERES M., 2002. Synthèse bibliographique. Les proliférations végétales aquatiques en France : caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. 1. Bilan d'une synthèse bibliographique. *Bull. fr. Pêche Piscic.* **365-366**: 237-258.
 12. HAURY J., PELTRE M.-C., TREMOLIERES M., BARBE J., THIEBAUT G., BERNEZ I., DANIEL H., CHATENET P., HAAN-ARCHIPOF G., MULLER S., DUTARTRE A., LAPLACE-TREYTURE C., CAZAUBON A., LAMBERT-SERVIEN E., 2006, sous presse. A new method to assess water trophy and organic pollution - the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia*
 13. AFNOR, 2003. Norme NF T90-395. Qualité de l'eau – Détermination de l'Indice biologique macrophytique en rivière (IBMR). Octobre. 2003. 26 p.
 14. BREUGNOT E., DUTARTRE A., LAPLACE-TREYTURE C., HAURY J., soumis. Macrophytes in large rivers : transversal distribution and consequences on sampling methods. Application to the rivers Garonne and Dordogne in the south west of France. *Annls Limnol.*
 15. CHAUVIN C., BOUSBASSI D., 2002. Aquatic vegetation profile of the river Saône (France) and relationship with the submerged banks types. 103-106. In "Proceedings 11^e international EWRS symposium", Maâ-et-Moliets, France – Sept.2-6, A. Dutartre, M. H. Montel Eds. 2002, 448 p
 16. LAPLACE-TREYTURE C. BREUGNOT E., DUTARTRE A., HAURY J., 2005. Application de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) : cas des grands cours d'eau rapides – Premiers résultats sur la Dordogne et la Garonne 2000-2005. 6^{ème} CILO « Ecologie aquatique et Directive Cadre Européenne sur l'Eau », Vaulx en Velin, 04-07 Juillet 2005.
 17. CHAUVIN C., 1996. Evaluation de l'occupation végétale de tronçons court-circuités du Rhône par photographie aérienne - Essai méthodologique. *Rap. CAE pour Agence de l'Eau RMC* (n°96-307).
 18. CHAUVIN C., coord., 2004. Application de la télédétection par photographie aérienne à la cartographie et au suivi de l'évolution des milieux naturels. *Rapport final programme de recherche-développement Agence de l'Eau RMC / Région Bourgogne / Université de Bourgogne / ANVAR 1998-2004.*
 19. CHAUVIN C., HAURY J., LAPLACE-TREYTURE C., PELTRE M.-C., 2005. Les macrophytes pour estimer l'état écologique des cours d'eau : l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière et la Directive Cadre sur l'Eau. 5^{ème} CILO - *Conférence Internationale des Limnologues et Océanographes. Villeurbanne juil. 2005.*
 20. JANAUER G., HALE P., SWEETING R. (Eds.) 2003. Macrophyte inventory of the River Danube : a pilot study. *Archiv für Hydrobiologie Suppl* 147 (1-2) : 229 p
 21. CHARTIER-TOUZE N., GALVIN Y., LEVEQUE C., SOUCHON Y. (Coord.), 1997. Etat de santé des écosystèmes aquatiques - Les variables biologiques comme indicateurs. G.I.P. Hydrosystèmes, Cemagref Ed., Paris : 298 p.
-