

ingénieries

eau – agriculture – territoires

Ce numéro spécial présente un état des connaissances en France sur la biologie et l'écologie des macrophytes aquatiques (lichens, macro-algues, bryophytes, ptéridophytes, phanérogames), les outils taxonomiques actuels, le cadre phytosociologique général permettant l'identification des phytocénoses, les spécificités écophysiological de ces plantes, les réponses des communautés aux conditions environnementales et à leurs perturbations, leurs rôles dans l'habitat physique et leurs relations avec la faune aquatique. La bio-indication de l'état des cours d'eau utilisant les communautés de macrophytes est également détaillée, à la fois en termes d'indices de trophie des eaux, mais aussi comme perspective d'indication d'état écologique. La problématique des espèces proliférantes, indigènes ou exotiques, est traitée sous l'angle de la biologie et de l'écologie de ces espèces. Les modalités de gestion des macrophytes, en termes de conservation des espèces rares et de régulation des espèces proliférantes sont enfin présentées.

Sommaire

Introduction <i>Jacques Haury, Alain Dutartre et Marie-Christine Peltre</i>	3
Le groupement d'intérêt scientifique « Macrophytes des eaux continentales » <i>Jacques Haury, Alain Dutartre et Marie-Christine Peltre</i>	7
De la connaissance des macro-algues : une première approche A first approach of macroalgae <i>Élisabeth Lambert-Servien, Arlette Cazaubon, Marie-Christine Peltre et Christophe Laplace-Treytore</i>	9
Les lichens, bryophytes, ptéridophytes et phanérogames aquatiques Aquatic Lichens, Bryophytes, Pteridophytes and Phanerogams <i>Jacques Haury, Gabrielle Thiébaud, Julie Coudreuse et Serge Muller</i>	23
Les communautés de macrophytes : typologie, dynamique et production The communities of macrophytes : typology, dynamic, production <i>Jacques Haury et Serge Muller</i>	37
Biologie et écophysologie des macrophytes Biology and ecophysiology of macrophytes <i>Michèle Trémolières, Marie-Hélène Barrat-Segretain et Gabrielle Thiébaud</i>	51
Réponse des communautés végétales aux conditions environnementales : perturbations ou contraintes Response of plant communities to environmental conditions : disturbances or constraints <i>Michèle Trémolières, Isabelle Combroux, Gabrielle Thiébaud et Jacques Haury</i>	63
Analyse multi-compartiments et rôles fonctionnels des macrophytes dans les hydrosystèmes Relationships with other abiotic and biotic ecosystem elements and functional roles of macrophytes <i>Jacques Haury, Arlette Cazaubon, Marie-Hélène Barrat-Segretain, Arnaud Elger et Gabrielle Thiébaud</i>	79

Coordination scientifique :
Jacques Haury
(Agrocampus-INRA),
Alain Dutartre (Cemagref)
et Marie-Christine Peltre
(Université de Metz)

Ingénieries
n° spécial

sommaire (suite)

La bio-indication et les indices macrophytiques, outils d'évaluation et de diagnostic de la qualité des cours d'eau	
The Bioindication and indices macrophytic, assessment tools and diagnostic quality of rivers	
<i>Christian Chauvin, Marie-Christine Peltre et Jacques Haury</i> _____	91
Biologie des macrophytes à potentiel proliférant	
Biology macrophytes a risk of proliferation	
<i>Marie-Christine Peltre, Alain Dutartre, Marie-Hélène Barrat-Segretain et Sophie Dandelot</i> _____	109
Conservation des macrophytes et habitats aquatiques rares et protégés sur le territoire français	
Conservation of Habitats and aquatic Macrophytes rare and protected in France	
<i>Serge Muller et Jacques Haury</i> _____	125
Régulation des développements de plantes aquatiques	
Aquatic plants control	
<i>Alain Dutartre, Marie-Christine Peltre, Nicolas Pipet, Lionel Fournier et Marie-Jo Menozzi</i> _____	135
Conclusion _____	155
Index des noms vernaculaires cités _____	157

Introduction

Faire une synthèse de l'état des connaissances sur les plantes aquatiques en France est une gageure. C'est pourtant l'objectif du réseau de spécialistes rassemblés au sein du groupement d'intérêt scientifique (GIS) *Macrophytes des eaux continentales*.

Les macrophytes sont, par définition (Symoens *et al.*, 1982¹), les végétaux visibles à l'œil nu, dont une bonne partie est identifiable sur le terrain : incluant les plantes supérieures, les bryophytes et les ptéridophytes, ils comprennent aussi, par extension, les algues filamenteuses, voire les colonies macroscopiques de cyanobactéries ou d'organismes hétérotrophes tels que certaines bactéries ou champignons filamenteux.

Ce numéro spécial présente les travaux de ce réseau et les publications d'autres équipes avec lesquelles des collaborations ont été établies et, plus généralement, des publications jugées utiles pour éclairer la présente thématique. Il s'agit d'une introduction à l'écologie (au sens large) des plantes aquatiques, reprenant les acquis récents du domaine, et présentant une synthèse actualisée, d'autant plus nécessaire que la directive cadre européenne sur l'eau et la directive « Habitats » imposent de prendre en considération ces végétaux comme éléments biologiques participant à la définition de l'état écologique des milieux aquatiques.

Où trouve-t-on ces macrophytes ? Une réponse lapidaire est : *dès qu'il y a présence d'eau avec une certaine permanence*. Il est alors tentant de confondre les « milieux à macrophytes » avec les zones humides telles que définies par la Convention de Ramsar de 1971, la loi sur l'eau de 1992², et le groupe des experts du Muséum (1996)... Ceci est d'autant plus fondé que ces zones humides sont souvent décrites par leur végétation adaptée à un engorgement des sols, à la présence d'une nappe d'eau à proximité de la surface, avec, pour les eaux superficielles, des profondeurs n'excédant pas six mètres, ce qui correspond approximativement à la zone euphotique des biologistes aquatiques (c'est-à-dire celle où la pénétration de la lumière est suffisante pour permettre la photosynthèse).

Sur la figure 1, les différents types de zones humides continentales et littorales (à l'exclusion des zones marines et notamment de l'estran) où l'on trouve des macrophytes sont représentés. Les principaux critères typologiques sont les suivants :

- présence ou absence de courant,
- hydrosystème ouvert (cours d'eau) ou fermé (plan d'eau),
- permanence de la masse d'eau : milieux permanents (lacs, étangs, grands cours d'eau), opposés aux milieux temporaires (têtes de bassin versant, mares temporaires, notamment en milieu méditerranéen, prairies inondables), en distinguant aussi les zones de marnage en bordure des cours d'eau et plans d'eau,
- eaux superficielles ou souterraines (niveau des nappes superficielles),
- qualité de l'eau, à la fois en termes de salinité et de trophie.

Durant des décennies, les zones humides, et plus spécialement les milieux aquatiques, ont été relativement délaissées par les botanistes : au-delà de la limite d'une intervention d'une personne chaussée de bottes, de très rares relevés étaient réalisés. À cette limite d'accessibilité, s'ajoutaient d'autres raisons qui n'encourageaient pas la prospection de ces milieux : l'absence de fleurs la plupart du temps, la prédominance de la multiplication végétative, diverses difficultés taxonomiques.

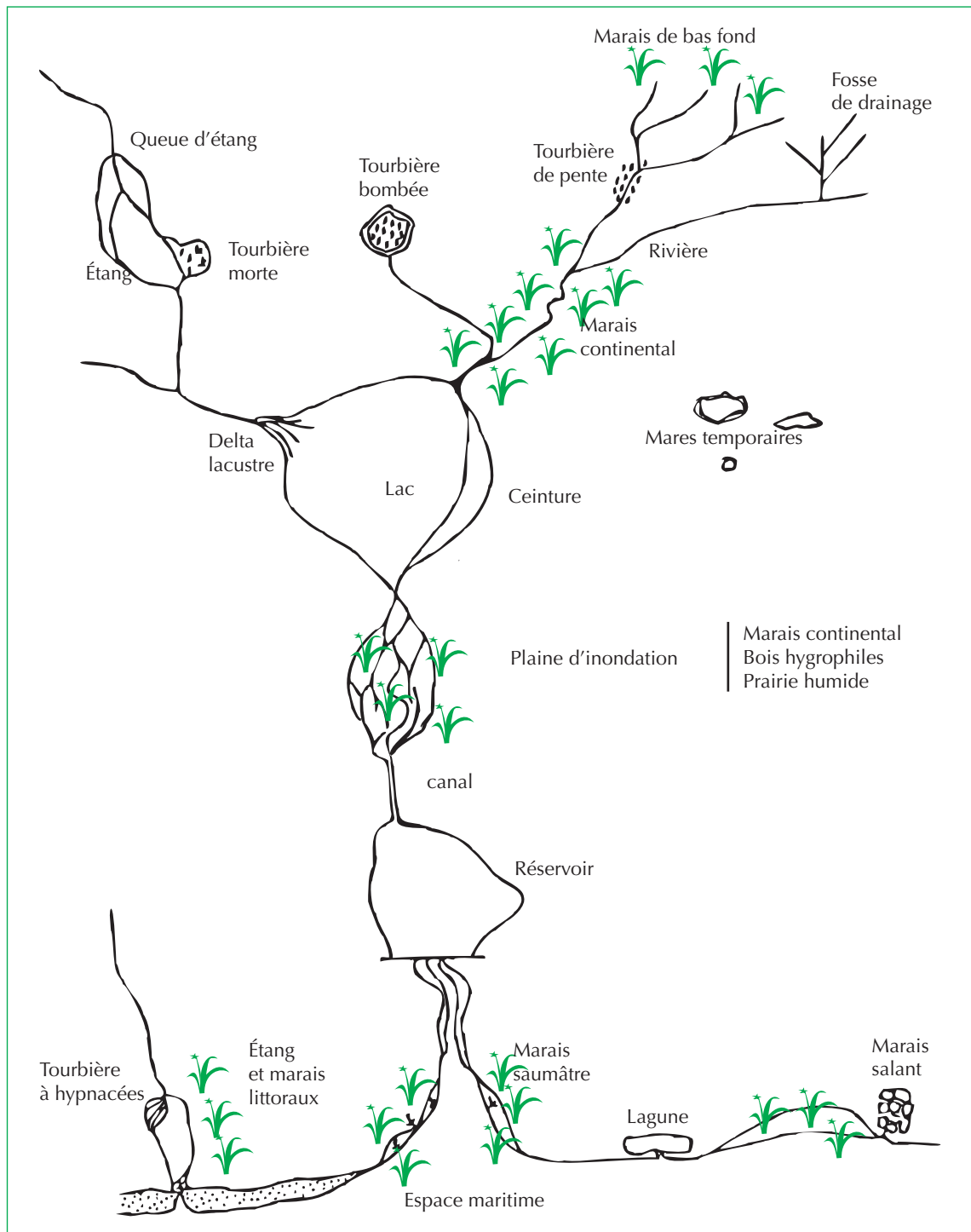
Finalement, contrairement à ce qui a pu se passer pour le phytoplancton, peu de scientifiques s'y sont intéressés. Même dans les flores, des inexactitudes importantes et gênantes (par exemple la non-distinction entre les renoncules aquatiques) ont persisté jusqu'au milieu du XX^e siècle. Historiquement, le compartiment des macrophytes a surtout été étudié en phytosociologie et essentiellement dans les eaux stagnantes, dans de nombreuses régions françaises, avec des publications restées assez régionales ou dans le cadre de thèses. Ces écrits mettaient généralement en évidence le déterminisme de la distribution des phytocénoses en fonction de la qualité de l'eau et des gradients du milieu physique (profondeur de l'eau, granulométrie et caractéristiques géochimiques et structurales des substrats). Ces résultats restaient toutefois relativement confinés au monde scientifique, avec peu de publications majeures. Néanmoins, l'intérêt des macrophytes pour caractériser les milieux qu'ils colonisent, mais aussi les difficultés de leur étude, ont été mis en exergue assez tôt.

Les inventaires sur les cours d'eau sont relativement récents, et les études concernant l'intégralité d'un réseau hydrographique datent seulement du début des années 1980. Initialement descriptives, les recherches sont

1. SYMOENS, J.-J., HOOPER, S.-S., COMPÈRE, P. (Eds.), 1982, *Studies on aquatic vascular plants*, Proc. Int. Coll. on Aquatic Vascular Plants, R. Bot. Soc. Belgium, Brussels, 424 p.

2. Article 2 de la loi sur l'eau de 1992 : « ... on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année... ».

► Figure 1 – Milieux où l'on rencontre des macrophytes (modifié d'après HAURY, J., PICHON, B., 1977, *Contribution à l'étude des zones humides de Bretagne*, diplôme d'agronomie approfondie, École nationale supérieure agronomique de Rennes, Laboratoire Écologie végétale, Université de Rennes, 165 p.).



désormais de plus en plus orientées vers une vision fonctionnelle des hydrosystèmes et s'attachent à quantifier les rôles que les macrophytes y jouent.

Une autre approche, plus opérationnelle, a été développée autour des notions de proliférations végétales, au départ d'espèces indigènes puis exotiques envahissantes. Elle a justifié de nombreux travaux qui ont montré l'importance de connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces, mais aussi de l'information sur la gestion des écosystèmes perturbés. L'information et la formation des acteurs sont rapidement apparues

comme des actions clés pour résoudre les problèmes concrets du terrain. La problématique des invasions biologiques est plus récente, et surtout plus généralisée, étant associée par certains scientifiques aux changements globaux et climatiques.

Désormais, notamment en raison des développements réglementaires, mais aussi de problèmes qui apparaissent croissants et d'une demande sociale pressante, les sollicitations des gestionnaires auprès des scientifiques sont importantes pour des outils de caractérisation des milieux et pour une aide à la gestion des dysfonctionnements (proliférations macrophytiques, mais aussi développements de cyanobactéries, etc.).

L'un des enjeux du fonctionnement du GIS Macrophytes est alors de répondre à ces demandes, tout en maintenant une recherche de bon niveau scientifique, avec les publications qui doivent normalement en résulter.

Ce numéro spécial présente donc un état actualisé des connaissances : la biologie et l'écologie des algues (Lambert-Servien *et al.*, *infra*), et des macrophytes évolués – bryophytes, lichens, ptéridophytes et spermatophytes – (Haury *et al.*, *infra*) sont présentées comme la base des études sur les macrophytes, avec les développements centrés sur les espèces ou populations, en soulignant les pistes de recherche en écologie populationnelle « traditionnelle ». Les problèmes et outils taxonomiques actuels sont présentés dans chacun de ces deux articles.

Les macrophytes forment des communautés (ensembles floristiques et groupements) dont le déterminisme est à la base de toutes les études biotypologiques et de bio-indication. La production macrophytique des communautés de cours d'eau est présentée avec les chiffres actuels. Le cadre général phytosociologique est désormais le plus approprié pour identifier ces phytocénoses (Haury et Muller, *infra*).

Les spécificités de l'écophysiologie des macrophytes (Trémolières *et al.*, *infra*) sont un élément majeur focalisant actuellement de nombreuses recherches fondamentales, dont l'application est l'étude des réponses des communautés aux conditions environnementales et à leurs perturbations (Trémolières *et al.*, *infra*).

Les macrophytes ne sont pas un élément neutre dans les écosystèmes. Outre leur production présentée antérieurement, les macrophytes jouent des rôles physiques et chimiques qui permettent de les qualifier d'espèces « ingénieurs ». Ils interviennent donc comme support de l'épiphyton, source de nourriture et habitats des invertébrés et en termes de facteur de répartition des communautés pisciaires (Haury *et al.*, *infra*).

L'application majeure de la bio-indication de l'état des hydrosystèmes avec les macrophytes est détaillée, à la fois en termes d'indices de la trophie des eaux, mais aussi comme perspective d'indication de l'habitat physique, avec des outils et perspectives d'application à l'échelle européenne (Chauvin *et al.*, *infra*).

Concernant la gestion des populations et compte tenu de l'importance des proliférations végétales, il est nécessaire de décrypter le potentiel proliférant, lié bien sûr à la biologie des espèces, mais aussi aux milieux qu'ils envahissent (Peltre *et al.*, *infra*). En termes de gestion, la conservation des espèces et communautés d'intérêt patrimonial est déclinée en regard du contexte réglementaire, et les outils élaborés pour l'identification et les orientations de gestion présentés (Muller et Haury, *infra*). Enfin la gestion-intervention pour la régulation des populations envahissantes, avec les différents aspects écologiques et sociétaux, est développée comme résultant du continuum recherche-développement-action (Dutartre *et al.*, *infra*).

Jacques Haury

UMR INRA-Agrocampus Rennes 985,
Écologie et santé des écosystèmes,
Laboratoire d'écologie et sciences phytosanitaires

Alain Dutartre

Cemagref,
UR Réseaux, épuration et qualité des eaux

Marie-Christine Peltre

Université Paul Verlaine de Metz,
Laboratoire des interactions écotoxicologie,
biodiversité, écosystèmes

Le groupement d'intérêt scientifique « Macrophytes des eaux continentales »

Le groupement d'intérêt scientifique (GIS) « *Macrophytes des eaux continentales* » a été créé en 1992 à l'instigation de quelques scientifiques qui voulaient formaliser leur réseau de compétences pour structurer la recherche et la réponse aux gestionnaires dans le domaine des plantes aquatiques. Il a succédé à un groupe de travail informel « Microphytes-Macrophytes » (1977-1984) puis à un groupe « Plantes aquatiques » du COLUMA (Comité de lutte contre les mauvaises herbes). Les activités de ce groupe ont continué de 1988 à 1993 au sein de l'Association nationale de protection des plantes (ANPP)¹.

Les activités du GIS en tant que réseau scientifique ont principalement porté sur les communautés végétales des cours d'eau :

- mise en place d'un protocole standardisé d'analyse de la végétation des cours d'eau (1990-1998),
- élaboration puis proposition d'indice de qualité biologique des cours d'eau – indices GIS (1993-1996),
- synthèse sur les méthodes de bio-indication puis normalisation de l'indice biologique macrophytique en rivière – IBMR (1999-2005) et développement de cet indice.

Par ailleurs, ce réseau national a permis de réaliser une synthèse sur les plantes proliférantes (1995-1997) – Muller *et al.*, 1997, de participer au programme national sur les invasions biologiques (INVABIO, 2003-2006) grâce à deux projets (Dutartre *et al.*, 2007 ; Thiébaud *et al.*, 2006) et d'organiser deux colloques internationaux sur les plantes aquatiques (Trémolières et Muller, 1995 ; Dutartre *et al.*, 2002 ; Caffrey *et al.*, 2006).

Il a également contribué à créer une dynamique de recherche sur les plantes aquatiques en France, en participant depuis sa création à la fédération des efforts dans ce domaine, et a facilité la participation de scientifiques à des groupes de travail sur la gestion des plantes aquatiques envahissantes, par exemple dans le bassin Loire-Bretagne² et la région des Pays de la Loire³.

Parmi les travaux publiés les plus significatifs du GIS, citons :

CAFFREY, J.-M., DUTARTRE, A., HAURY, J., MURPHY, K.-J., WADE, P.-M., (*guest editors*), 2006, *Macrophytes in Aquatic Ecosystems : from biology to management*, Hydrobiologia (EWRS 11th Symp. Aquatic Weeds), Moliets et Maâ (Landes) 3-7 sept. 2002, Development in Hydrobiology/Hydrobiologia, Springer, Hydrobiologia, 570, 263 p.

DUTARTRE, A., MONTEL, M.-H., (Eds), 2002, *Gestion des plantes aquatiques* (11th International Symposium on Aquatic Weeds – EWRS), Cemagref, Conseil général des Landes, INRA, ENSAR), 3-7 septembre 2002, Moliets et Maâ (40), Cemagref Bordeaux, 448 p.

DUTARTRE, A. (coord.), DANDELLOT, S., HAURY, J., LAMBERT, E., LE GOFFE, P., MENOZZI, M.-J., 2004, *Programme de recherche Invasions Biologiques. Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion*, rapport intermédiaire, Cemagref Bordeaux, 44 p.

DUTARTRE, A. (coord.), 2006, *Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion*, in : *Programme de recherche Invasions biologiques*, coll. restitution, 17-19 oct. 2006, Moliets (Landes), p. 91-96.

DUTARTRE, A. (coord.), DANDELLOT, S., HAURY, J., LAMBERT, E., LE GOFFE, P., MENOZZI, M.-J., 2007, *Programme de recherche Invasions Biologiques. Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion*, rapport final. Cemagref Bordeaux, 128 p.

HAURY, J., MULLER, S., 1998, *Groupement d'Intérêt Scientifique (G.I.S.) « Macrophytes des eaux continentales »*. *Bilan de la période 1993-1997*, Rennes et Metz, 39 p.

HAURY, J., PELTRE, M.-C., 1993, Intérêts et limites des « indices macrophytes » pour qualifier la mésologie et la physico-chimie des cours d'eau : exemples armoricains, picards et lorrains, *Ann. Limnol.*, vol. 29, n° 3-4, p. 239-253.

1. Dutartre, 1994, groupe « Plantes aquatiques », ANPP, rapport d'activité, 99 p.

2. http://www1.centre.ecologie.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=154

3. http://www.pays-de-loire.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=331

HAURY, J., PELTRE, M.-C., DUTARTRE, A., 2002, *Groupement d'Intérêt Scientifique (G.I.S.) « Macrophytes des eaux continentales »*, Bilan de la période 1998-2002, Rennes et Metz, 50 p.

HAURY, J., PELTRE, M.-C., MULLER, S., TREMOLIERES, M., BARBE, J., DUTARTRE, A., GUERLESQUIN, M., 1996, Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions, *Écologie*, vol. t. 27, n° 4, p. 233-244.

HAURY, J., JAFFRE, M., DUTARTRE, A., PELTRE, M.-C., BARBE, J., TREMOLIERES, M., GUERLESQUIN, M., MULLER, S. 1998, Application de la méthode milieu et végétaux aquatiques fixés à douze rivières françaises : typologie floristique préliminaire, *Annales de limnologie*, vol. 34, n° 2, p. 129-138.

HAURY, J., PELTRE, M.-C., MULLER, S., THIEBAUT, G., TREMOLIERES, M., DEMARS, B., BARBE, J., DUTARTRE, A., DANIEL, H., BERNEZ, I., GUERLESQUIN, M., LAMBERT, E., 2000, *Les macrophytes aquatiques bio-indicateurs des systèmes lotiques – Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau*, Études sur l'Eau en France, n° 87, 101 p. + ann.

MULLER, S., PELTRE, M.C., OLLIVIER, M., PETITDIDIER, D., THIEBAUT, G., DUTARTRE, A., MOREAU, A., MUTTERLEIN, C., BARBE, J., LAGRANGE, C., 1997, *Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France*, Les études de l'agence de l'eau n° 68, 199 p.

PELTRE, M.-C., MULLER, S., OLLIVIER, M., DUTARTRE, A., BARBE, J., HAURY, J., TRÉMOLIÈRES, M., 2002, Les proliférations végétales en France. Caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. I. Bilan d'une synthèse bibliographique, *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, n° 365/366, p. 237-258.

PELTRE, M.-C., DUTARTRE, A., BARBE, J., HAURY, J., MULLER, S., OLLIVIER, M., TRÉMOLIÈRES, M., 2002, Les proliférations végétales en France. Caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. II. Intérêt pour la gestion, *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, n° 365/366, p. 259-280.

SYMOENS, J.-J., HOOPER, S.-S., COMPÈRE, P. (Eds.), 1982, *Studies on aquatic vascular plants*, Proc. Int. Coll. on Aquatic Vascular Plants, R. Bot. Soc. Belgium, Brussels, 424 p.

THIEBAUT, G. (coord.), MULLER, S., TRÉMOLIÈRES, M., 2006, Étude comparative de deux espèces végétales aquatiques invasives en France : *Elodea nuttallii* et *E. canadensis*. Stratégies adaptatives, facteurs écologiques, polymorphisme génétique des espèces, contribution au contrôle du phénomène invasif, in : *Programme de recherche Invasions biologiques*, coll. restitution, 17-19 oct. 2006, Moliets (Landes), p. 135-142.

THIEBAUT, G. (coord.), MULLER, S., TRÉMOLIÈRES, M., 2006, *Étude comparative de deux espèces végétales aquatiques invasives en France : Elodea nuttallii et E. canadensis. Stratégies adaptatives, facteurs écologiques, polymorphisme génétique des espèces, contribution au contrôle du phénomène invasif*, Programme de recherche Invasions biologiques, rapport final, 58 p.

TRÉMOLIÈRES, M., MULLER, S. (Eds.), 1995, Macrophytes aquatiques et qualité de l'eau, Actes de la conférence européenne « Macrophytes et qualité de l'eau », Ottrott, France, 18-20 oct. 1994, *Acta Bot. Gallica*, vol. 142, n° 6, p. 489-749.

Jacques Hauray

Président du GIS

Alain Dutartre et Marie-Christine Peltre

Secrétaires

Quelques éléments de conclusions et de perspectives

À la lumière de ce qui vient d'être exposé dans ce numéro spécial, plusieurs éléments ressortent de l'analyse de cet état des connaissances sur les macrophytes aquatiques en France.

La nécessité d'aller plus loin dans la connaissance des hydrosystèmes

Malgré la relative faiblesse numérique des effectifs des chercheurs et enseignants-chercheurs impliqués dans ce domaine, dont une part notable participe aux activités du GIS¹ Macrophytes, de nombreuses pistes ont été explorées. Les résultats présentés dans cette synthèse mettent en évidence à la fois l'intérêt de ce compartiment et les besoins de recherche, pour comprendre le fonctionnement des hydrosystèmes et donc pour croiser l'acquisition des données et les diagnostics exigés par les deux directives européennes majeures que sont la directive cadre sur l'eau et la directive « Habitat, faune et flore ».

1. Groupement d'intérêt scientifique.

Des besoins de déterminations taxonomiques plus complètes

En termes de taxonomie, d'importantes questions persistent, en particulier sur la variabilité morphologique de nombreux taxons et sur l'existence d'hybrides, qui font apparaître la nécessité d'outils de détermination complémentaires de ceux qui sont actuellement disponibles.

Vers une meilleure standardisation des protocoles de terrain

La réalisation des inventaires de terrain nécessite des efforts importants de standardisation de protocole, déjà réalisés pour la mise en œuvre de l'IBMR², mais qui restent à développer dans d'autres types de milieux, dont les grands cours d'eau et les plans d'eau. La normalisation est une voie qui est encouragée, sinon rendue obligatoire, par un contexte européen désormais contraignant. La question de la collecte de données sur les végétations aquatiques pour la mise en œuvre de la directive « Habitat » reste à explorer en vue d'une standardisation.

2. Indice biologique macrophytique en rivière.

Des actions de formation à encourager

La formation d'hydrobiologistes de terrain, capables de mettre en œuvre ces protocoles normalisés et de réaliser les déterminations indispensables, fait déjà partie des activités du GIS, avec un stage régulier de formation continue sur la mise en œuvre de l'IBMR qu'il est prévu de poursuivre annuellement. Des stages complémentaires sont déjà prévus dans le cadre de la formation à l'ONEMA³. Des compléments sur les espèces invasives, ainsi que sur certains taxons difficiles, seraient également à proposer, au vu des retours d'expérience émanant des bureaux d'étude.

3. Office national de l'eau et des milieux aquatiques.

Une démarche qualité à développer

La mise en place du laboratoire national de référence AQUAREF devrait favoriser le développement des démarches qualité applicables aux investigations « macrophytes », à l'instar de ce qui est déjà prescrit pour d'autres éléments biologiques. Ces prescriptions, nécessaires pour garantir une qualité homogène des données collectées à l'échelle nationale, impliquent les scientifiques à plusieurs niveaux de la chaîne d'acquisition des informations. Plusieurs actions du GIS dans ce domaine ont déjà ébauché les pistes de ce qui pourrait être mis en place à court et moyen termes, tant en termes d'assurance qualité interne que de validation externe et de recevabilité des résultats finaux : formation et accompagnement des opérateurs de terrain, validation des déterminations, examen critique des résultats présentés et des rapports.

De nouvelles voies pour l'écologie des communautés

L'écologie des communautés, après une phase de description et d'analyse des communautés marquée par la phytosociologie – démarche pleinement reconnue comme pertinente par la directive « Habitat faune et

flore » – s’oriente désormais dans deux directions fonctionnelles. La première correspond à l’analyse du rôle des communautés de macrophytes dans les hydrosystèmes et leurs flux biogéochimiques, la seconde à l’analyse des mécanismes d’assemblage des espèces, notamment par l’étude des traits biologiques. Dans la première direction, les rôles des macrophytes devront être précisés vis-à-vis des flux de nutriments, au travers notamment de bilans d’épuration, de même que leur importance en tant qu’espèces ingénieurs au sein des différents types d’hydrosystèmes. Dans le second cas, l’étude des caractères des espèces proliférantes, indigènes ou exotiques, devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes des forts développements de végétaux, et participer à l’élaboration de stratégies et de moyens techniques pour les réguler.

Des analyses plus opérationnelles des réseaux trophiques à développer

Pour répondre aux prescriptions de la directive cadre sur l’eau, le développement d’indices utilisant les macrophytes, sur la base de l’IBMR sur les cours d’eau, devra être complété dans un premier temps par un indice applicable aux plans d’eau. Des recherches complémentaires concernant la bio-indication multi-compartiment sont également nécessaires pour apporter les éléments de réponses cohérentes et pragmatiques aux demandes des politiques et des gestionnaires, afin de qualifier l’état écologique de façon synthétique. Dans ce cadre de diagnostic et de soutien aux politiques publiques, les réponses doivent être opérationnelles, mais leur précision néanmoins suffisante et leur pertinence assurée. Outre les comparaisons des métriques existantes, l’élaboration de nouvelles métriques synthétiques, mais aussi des analyses plus complètes des réseaux trophiques sont des voies de recherche prometteuses dans ce domaine.

La problématique des invasions biologiques

L’un des problèmes émergents est celui des invasions biologiques. Ce processus continu d’arrivées de nouvelles espèces, qui remet en cause, dans certains cas, la biodiversité et le fonctionnement hydraulique et hydrochimique et/ou les usages humains de divers cours d’eau, plans d’eau et zones humides, est encore sous-estimé. La mise en place de structures de concertation, d’alerte et d’organisation de la gestion, avec la participation de certains membres du GIS, a débuté en France depuis quelques années. Toutefois, leur échelle régionale ou liée à un bassin versant en limite les capacités d’action, même si elle assure une bonne coordination avec les acteurs locaux. Une organisation nationale en interrelation avec ces structures et les groupes de travail européens, susceptible à la fois de coordonner les questions liées à la gestion et de fournir les moyens nécessaires à la formalisation de réponses, est à préconiser. Il est souhaitable, par exemple, que des programmes ambitieux de recherches, appliquées à la gestion des hydrosystèmes, prennent le relais du premier appel d’offre INVABIO en favorisant les recherches pluridisciplinaires sur ce thème. Il faut également reconnaître et renforcer l’expertise des scientifiques, en favorisant la recherche amont (dont l’intérêt est de plus en plus reconnu par les tutelles), mais aussi le transfert des connaissances acquises sur la biologie des espèces et les impacts écologiques de leurs proliférations.

De vastes perspectives pour la recherche

Enfin, la gestion des hydrosystèmes doit pouvoir s’appuyer sur une recherche en ingénierie écologique et sur une meilleure intégration des sciences humaines et sociales dans l’évolution des connaissances et des pratiques ; le dialogue fécond entre sciences de la vie et sciences humaines et sociales, déjà débuté dans divers programmes de recherche dont le récent programme INVABIO, doit être poursuivi. La régulation des dysfonctionnements écologiques, la gestion des proliférations, l’accompagnement des processus de restauration et le suivi des écosystèmes en bon état d’équilibre et en bon état de conservation supposent également de développer des interfaces actives entre le monde des gestionnaires et celui des scientifiques : ce chantier est loin d’être terminé.

Alain Dutartre, Marie-Christine Peltre, Christian Chauvin et Jacques Haury

Remerciements

Les auteurs de ce numéro spécial, et tout spécialement l’équipe d’animation du GIS Macrophytes, tiennent à remercier leurs collègues pour cette construction collective, ainsi que la rédaction de la revue *Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires*.

Index des noms vernaculaires¹ des végétaux cités

1. Nom commun d'une plante, sous lequel elle est le plus souvent connue, par opposition à son nom scientifique.

Le nom scientifique d'une espèce se compose de deux éléments ; le premier dont la première lettre est en majuscule est le nom de genre (exemple *Alisma*), le second en minuscule est le nom d'espèce (exemple *Alisma gramineum*). Lorsque la détermination ne va pas jusqu'à l'espèce, seul le nom de genre est cité et il lui est adjoint « sp. » qui signifie « une espèce du genre » (exemple *Cladophora* sp.) ; les noms latins sont en italique. Il s'agit d'une norme internationale qui permet l'établissement de références mondiales et facilite les échanges entre scientifiques.

Les algues et les mousses (bryophytes), sauf exceptions, ne possèdent pas de nom vernaculaire ; à défaut, le nom de genre « francisé » est employé par les chercheurs (exemple *Chiloscyphus* pour *Chiloscyphus polyanthus*).

En italique : noms latins

En romain : noms vernaculaires

- *Alisma gramineum* : Flûteau à feuilles de graminées
- *Amblystegium riparium* : Mousse plumeau
- *Apium inundatum* : Ache idondée
- *Apium nodiflorum* : Ache noueuse
- *Apium repens* : Ache rampante
- *Azolla filiculoides* : Azolla fausse fougère
- *Berula erecta* : Petite berle
- *Cabomba caroliniana* : Cabomba de Caroline
- *Caldesia parnassifolia* : Caldésie à feuilles de Parnassie
- *Calla palustris* : Calla des marais
- *Callitriche brutia* : Callitriche pédonculé
- *Callitriche hamulata* : Callitriche à crochets
- *Callitriche obtusangula* : Callitriche à angles obtus
- *Callitriche platycarpa* : Callitriche à fruits plats
- *Callitriche truncata* : Callitriche tronqué
- *Callitriche stagnalis* : Callitriche des marais
- *Carex paniculata* : Laïche paniculée
- *Carex rostrata* : Laïche à bec
- *Ceratophyllum demersum* : Cornifle
- *Chara aspera*, *Chara contraria*, *Chara globularis*, *Chara hispida*, *Chara* sp., *Chara vulgaris* : Ces algues ne possèdent pas de nom français et sont généralement appelées de manière générique « Characées » ou « Chara ».
- *Chiloscyphus polyanthus* : Chiloscyphus
- *Cladophora* sp. : Cladophore
- *Crassula helmsii* : Orpin de Helms
- *Cymodocea nodosa* : Cymodocée ou paille de mer
- *Damasonium alisma* : Étoile d'eau
- *Dichodontium pelucidum* : Dichodontium
- *Dicranella heteromella* : Dicranelle plurilatérale
- *Egeria densa* : Egéria ou égérie
- *Elatine brochonii* : Élatine de Brochon
- *Elatine triandra* : Élatine à trois étamines
- *Elodea canadensis* : Élodée du Canada
- *Elodea ernstiae* : Élodée à feuilles allongées
- *Elodea nuttallii* : Élodée à feuilles étroites
- *Enteromorpha intestinalis* : Entéromorphe
- *Equisetum limosum* : Prêle des cours d'eau
- *Equisetum palustre* : Prêle des marais
- *Fallopia japonica* : Renouée du Japon
- *Fissidens crassipes* : Fissidens
- *Fissidens pusillus* : Fissidens
- *Fontinalis antipyretica* : Fontinale commune
- *Glyceria aquatica* : Glycérie aquatique
- *Glyceria fluitans* : Glycérie flottante
- *Groenlandia densa* : Potamot dense
- *Helosciadium nodiflorum* : Ache faux cresson
- *Hildenbrandia rivularis* : Hildenbrandia
- *Hippuris vulgaris* : Pesse d'eau
- *Hottonia palustris* : Hottonie des marais
- *Hydrocharis morsus-ranae* : Morène ou petit nénuphar
- *Hydrocotyle ranunculoïdes* : Hydrocotyle fausse renoncule
- *Isoetes echinospora* : Isoète à spores spinuleuses

- *Isoëtes lacustris* : Isoète des lacs
- *Isoëtes boryana* : Isoète de Bory
- *Isoëtes histrix* : Isoète épineux
- *Isoëtes setacea* : Isoète grêle
- *Isoëtes velata* : Isoète voilé
- *Juncus gerardii* : Jonc de Gérard
- *Jungermannia sphaerocarpa* : Jungermannia
- *Lagarosiphon major* : Grand lagarosiphon
- *Lemanea gr fluviatile* : Lemanea
- *Lemna gibba* : Lentille d'eau bossue
- *Lemna minor* : Petite lentille d'eau
- *Lemna minuta* : Lentille d'eau minuscule
- *Lemna sp.* : Lentilles d'eau
- *Lemna trisulca* : Lentille d'eau à trois sillons
- *Lemna turionifera* : Lenticule à turion
- *Ligularia sibirica* : Ligulaire de Sibérie
- *Lindernia procumbens* : Lindernie couchée
- *Littorella lacustris* : Littorelle des lacs
- *Lobelia dortmanna* : Lobélie de Dortmann
- *Ludwigia grandiflora* : Jussie à grande fleur
- *Ludwigia peploides* : Jussie rampante
- *Ludwigia uruguayensis* : Jussie d'Uruguay
- *Luronium natans* : Flûteau nageant
- *Lysichiton americanus* : Lysichiton américain
- *Lysimachia thysiflora* : Lysimaque à fleurs en épi
- *Lythrum portula* : Pourpier d'eau
- *Lythrum salicaria* : Salicaire commune
- *Marsilea strigosa* : Fougère d'eau à poils rudes
- *Marsilea quadrifolia* : Fougère d'eau à 4 feuilles
- *Marsupella emarginata* : Marsupella
- *Mentha aquatica* : Menthe aquatique
- *Myriophyllum alterniflorum* : Myriophylle à fleurs alternes
- *Myriophyllum brasiliense* : Myriophylle du Brésil
- *Myriophyllum spicatum* : Myriophylle en épis
- *Myriophyllum verticillatum* : Myriophylle verticillé ou Millefeuille aquatique
- *Nasturtium officinale* : Cresson de fontaine
- *Nuphar lutea* : Nénuphar jaune
- *Nuphar pumila* : Nénuphar nain
- *Nymphaea alba* : Nénuphar blanc
- *Nymphoides peltata* : Faux nénuphar
- *Nitella sp.* : Nitella
- *Oenanthe crocata* : Oenanthe safranée
- *Oenanthe fluviatilis* : Oenanthe des rivières
- *Osmunda regalis* : Osmonde royale
- *Pellia epiphylla* : Péllia
- *Phalaris arundinacea* : Baldingère
- *Phragmites australis (communis)* : Roseau commun
- *Pilularia globulifera* : Boulettes d'eau
- *Pilularia minuta* : Pilulaire délicate
- *Pistia stratiotes* : Laitue d'eau
- *Porella pinnata* : Porella
- *Posidonia oceanica* : Posidonie
- *Potamogeton alpinus* : Potamot des Alpes
- *Potamogeton berchtoldii* : Potamot de Berchtold
- *Potamogeton crispus* : Potamot crépu
- *Potamogeton densus* : Potamot dense
- *Potamogeton fluitans* : Potamot nageant
- *Potamogeton gramineus* : Potamot à feuilles de graminée
- *Potamogeton lucens* : Potamot luisant
- *Potamogeton natans* : Potamot flottant
- *Potamogeton pectinatus* : Potamot pectiné
- *Potamogeton perfoliatus* : Potamot perfolié
- *Potamogeton praelongus* : Potamot allongé
- *Potamogeton rutilus* : Potamot rougeâtre
- *Ranunculus fluitans* : Renoncule flottante
- *Ranunculus aquatilis* : Renoncule aquatique
- *Ranunculus baudotii* : Renoncule de Baudot
- *Ranunculus lateriflorus* : Renoncule à fleurs latérales
- *Ranunculus lingua* : Grande douve
- *Ranunculus nodiflorus* : Renoncule à fleurs en boules
- *Ranunculus peltatus* : Renoncule peltée
- *Ranunculus penicillatus* : Renoncule à pinceau
- *Ranunculus pseudofluitans* : Renoncule calcaire
- *Ranunculus revelierei* : Renoncule de Revelière
- *Rhizomnium punctatum* : Rhizomnium
- *Rhynchosstegium riparioides* : Rhynchosstegium
- *Riccardia multifida* : Riccardia

- *Riccia fluitans* : Riccia
- *Sagittaria sagittifolia* : Flèche d'eau
- *Scapania undulata* : Scapania
- *Scirpus lacustris* : Jonc des Tonneliers
- *Scirpus maritimus* : Jonc maritime
- *Sparganium sp.* : Rubanier
- *Sparganium affine* : Rubanier à feuilles étroites
- *Sparganium emersum* : Rubanier émergé
- *Sparganium erectum* : Rubanier dressé
- *Sphagnum auriculatum* : Sphaigne
- *Sphagnum cuspidatum* : Sphaigne
- *Spirodela polyrhiza* : Grande lentille d'eau
- *Spirogyra sp.* : Spirogyre
- *Stratiodes aloides* : Aloès d'eau
- *Subularia aquatica* : Subulaire aquatique

- *Thamnobryum alopecurum* : Thamnobryum
- *Thelypteris palustris* : Fougère des marais
- *Thorella verticillatinundata* : Faux cresson de Thore
- *Tolypella glomerata* : Tolypella
- *Tolypella intricata* : Tolypella
- *Trapa natans* : Châtaigne d'eau
- *Typha sp.* : Massette
- *Utricularia ochroleuca* : Utriculaire jaunâtre
- *Utricularia vulgaris* : Utriculaire commune
- *Vaucheria sp.* : Vauchérie
- *Veronica anagallis-aquatica* : Mouron aquatique
- *Veronica beccabunga* : Cresson de cheval
- *Wolffia arrhiza* : Lentille d'eau sans racine
- *Zannichellia sp.* : Zannichélie
- *Zannichellia palustris* : Zannichélie des marais