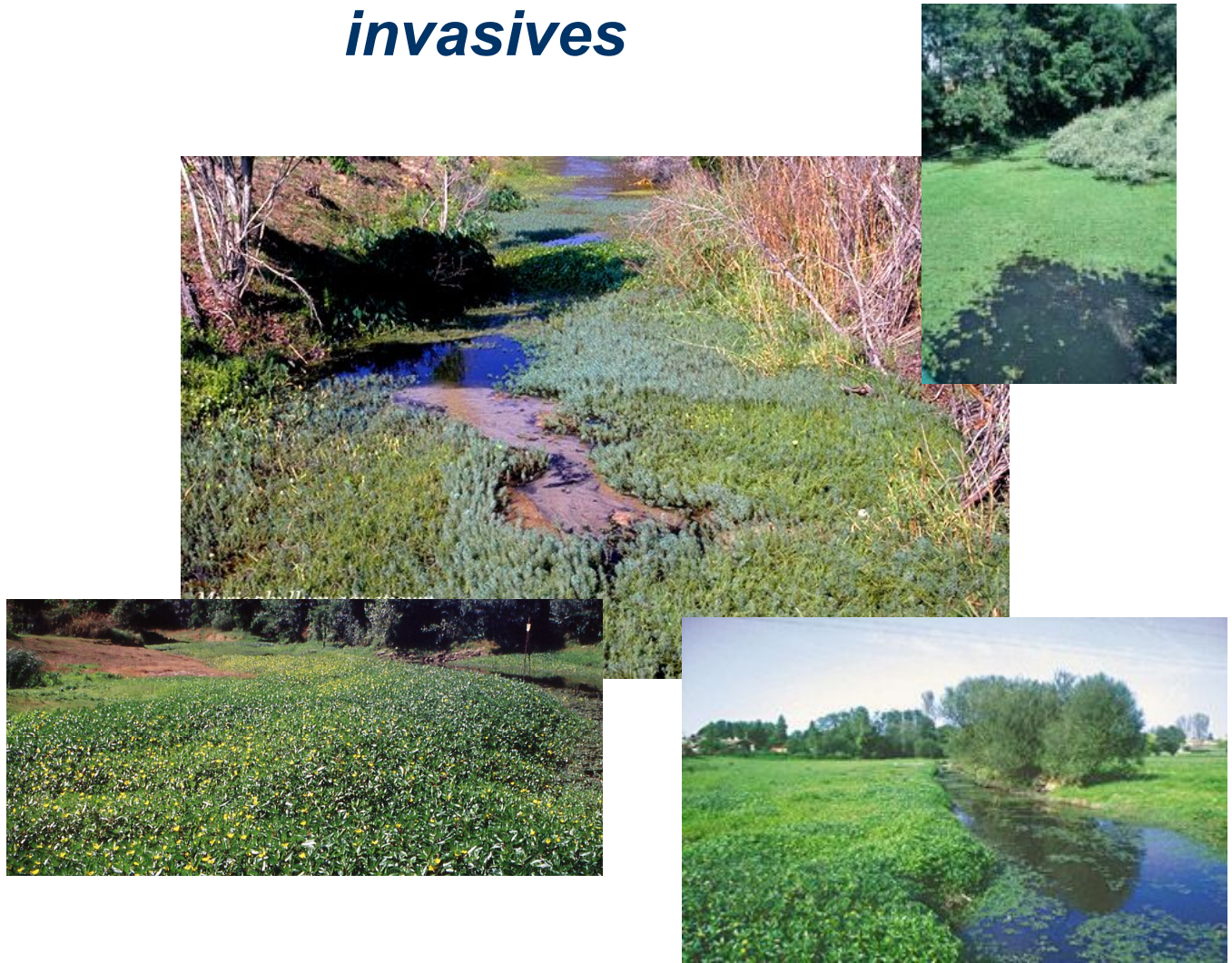


Les espèces végétales aquatiques invasives



Marie Guriec

DESS Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe

Année 2004-2005



Université François Rabelais
Faculté des Sciences et Techniques
Secrétariat du DESS IHCE
Parc de Grandmont – 37200 TOURS

REMERCIEMENTS

Ces remerciements s'adressent tout particulièrement à M. Maman de l'équipe pluridisciplinaire du Plan Loire Grandeur Nature qui a eu la gentillesse de me recevoir pour discuter de mon sujet. J'ai été très sensible à sa disponibilité et à ces connaissances. De plus, l'ensemble des rapports et documents qu'il m'a fournis m'ont été d'une grande aide.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ/ABSTRACT	2
LISTE DES FIGURES	3
INTRODUCTION	4
1 LA PROBLEMATIQUE GENERALE DES ESPECES VEGETALES AQUATIQUES INVASIVES	5
1.1 QUELQUES DEFINITIONS	5
1.2 LE CONCEPT D'INVASION BIOLOGIQUE	5
1.3 LE CHOIX DES ESPECES RETENUES COMME PROLIFERANTES	6
2 LES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES DES ESPECES.....	7
2.1 LES STRATEGIES BIOLOGIQUES	7
2.1.1 <i>Les adaptations morphologiques et physiologiques</i>	7
2.1.2 <i>Les modes de reproduction</i>	8
2.1.3 <i>Les modes de dissémination</i>	9
2.1.4 <i>La productivité</i>	9
2.2 LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES	9
2.2.1 <i>Les paramètres physiques</i>	9
2.2.2 <i>Les paramètres chimiques</i>	12
2.2.3 <i>Les relations entre espèces</i>	13
2.3 ESPECES A RISQUE DE PROLIFERATION ET MILIEUX PROPICES	13
3 LES IMPACTS DES PROLIFERATIONS VEGETALES SUR LEUR ENVIRONNEMENT.....	14
3.1 LES EFFETS SUR LE MILIEU PHYSIQUE	14
3.2 LES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT CHIMIQUE	16
3.3 LES IMPACTS SUR LE COMPARTIMENT BIOTIQUE	17
3.4 LES CONTRAINTES POUR LES USAGES DES MILIEUX	18
3.5 LES FACTEURS D'ACCROISSEMENT DES RISQUES DE PROLIFERATION	18
4 LE CADRE REGLEMENTAIRE.....	20
4.1 LE NIVEAU MONDIAL	20
4.2 LE NIVEAU EUROPEEN	20
4.3 LE NIVEAU FRANÇAIS	21
5 LES MODALITES DE GESTION	23
5.1 L'ACQUISITION DE CONNAISSANCES	24
5.1.1 <i>La définition des usages</i>	24
5.1.2 <i>L'appréciation des nuisances</i>	25
5.1.3 <i>L'établissement des objectifs de gestion</i>	25
5.2 LES CHOIX TECHNIQUES	26
5.2.1 <i>Le contrôle de la plante</i>	26
5.2.2 <i>La gestion du milieu</i>	33
5.3 LA NECESSITE D'UNE PROCEDURE DE GESTION	34
5.4 LES ACTEURS DE LA GESTION	35
6 EXEMPLE DE GESTION : LE PLAN D'ACTION EN PAYS DE LOIRE.....	36
6.1 LA CREATION D'UN COMITE DE GESTION	36
6.2 SON ROLE	36
CONCLUSION	38
BIBLIOGRAPHIE	38
ANNEXES	

RÉSUMÉ

Les espèces végétales aquatiques sont capables d'occuper de très grandes surfaces disponibles dans les écosystèmes aquatiques conduisant à des proliférations végétales. Cette occupation importante de l'espace les rend alors pleinement visibles pour l'ensemble des usagers et peut les faire considérer comme nuisibles vis-à-vis des utilisations humaines.

Ces fortes occupations des milieux sont souvent engendrées par des modifications de certains paramètres des environnements aquatiques, physiques et/ou chimiques et sont généralement le fait d'une espèce ou d'un petit groupe d'espèces adaptées à ces modifications. Elles peuvent également être la conséquence de l'apparition d'espèces nouvelles présentant de fortes dynamiques d'expansion, susceptibles d'occuper des biotopes libres ou de remplacer les espèces autochtones.

Le développement important, voire la prolifération d'une espèce ou d'un petit groupe d'espèces dans un contexte donné, est directement lié à la capacité d'adaptation de ces organismes : la prise en compte de leurs stratégies biologiques permet de mieux cerner les conditions expliquant ces performances.

Ces connaissances concourent à une meilleure définition des situations de risque de prolifération et peuvent fournir des informations utiles quant aux conditions et aux limites d'application des techniques de gestion et de contrôle de ces phénomènes.

Mots-clés : *Macrophytes, milieu aquatique, prolifération, biologie, écologie, gestion.*

ABSTRACT

The plant species of water bodies are able to occupy huge areas. That leads sometimes to prolific growths of plants. This occupation of space is visible by the users and it can be considered harmful towards the human uses.

These occupations of the environment often come from modification of chemical and/or physical parameters. But they can equally be consequences of the appearance of new species with great dynamics of expansion.

This important development is directly connected to their capacities of adaptation. The consideration of their biological strategies allows to better defining the conditions that explain this performance. This knowledge should improve understanding of these events and provide more information for management and control practices.

Mots-clés: *Macrophytes, water body, proliferation, biology, ecology, management.*

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Usages et ressources (Dutartre et al., 1997)	25
Figure 2 : Eléments de choix des techniques d'intervention (Dutartre et al., 1997).	26
Figure 3 : Illustration d'un arrachage manuel.....	27
Figure 4: Illustration de faucardage avec ramassage des plantes.	28
Figure 5: Illustration d'une dégénérescence des pieds de jussies après un traitement au glyphosate.	30

INTRODUCTION

Des nuisances occasionnées par les proliférations des plantes aquatiques en France ont été signalées depuis plusieurs dizaines d'années dans divers types de milieux aquatiques, dont principalement les milieux stagnants (plans d'eau, zones humides). Ces proliférations traduisent souvent un déséquilibre lié aux activités anthropiques.

Il s'agit principalement de perturbations d'ordre biologique, physique ou chimique : altérations du patrimoine biologique national par introduction d'espèces étrangères, pertes de richesse spécifique, dégradations de la qualité physico-chimique de l'eau, perturbations du milieu physique, gênes dans l'écoulement des eaux ou dans la pratique des loisirs nautiques, surcoûts dans la production d'eau potable, mortalités d'animaux ou de végétaux, etc.

Deux difficultés notables sont rencontrées lors de l'analyse de ces situations. Celles-ci sont l'appréciation souvent très subjective des nuisances signalées ainsi que le manque de connaissances des espèces concernées. Cela peut conduire dans certains cas à des échecs d'interventions, inefficaces car conçues pour un taxon autre que celui qui est visé. De plus, L'évolution des usages et des pratiques humaines sur les milieux (développement des gestions multi-usages en particulier) explique également une part notable des demandes. Enfin l'augmentation de la sensibilité des usagers représente une part croissante des origines de ces demandes.

Ainsi les connaissances, tant sur les végétaux proliférants que sur les milieux concernés, présentent donc un intérêt pratique indéniable dans le cadre d'une réflexion préalable globale répondant à la réglementation. Cette réflexion est indispensable à toute intervention sur les milieux et à la mise en place d'opérations de régulation de ces populations végétales.

1 La problématique générale des espèces végétales aquatiques invasives

1.1 Quelques définitions

La définition de quelques termes essentiels pour la détermination du phénomène de prolifération semble nécessaire, de façon à ce qu'il n'y ait pas d'ambiguïté dans leur utilisation.

Une plante invasive est une plante exogène (ou allochtone, exotique) dont l'introduction, volontaire ou fortuite, mais surtout la prolifération dans des milieux naturels ou semi-naturels provoque, ou est susceptible de provoquer, des nuisances à l'écosystème dans lequel elle a été introduite. Cependant, toutes les plantes importées ne sont pas invasives.

Certaines **plantes** indigènes (autochtones, locales) sont **envahissantes**. Ces espèces peuvent poser des problèmes de concurrence pour d'autres espèces. C'est le cas de la plupart des adventices en agriculture.

Les espèces exotiques envahissantes sont aujourd'hui reconnues comme la deuxième cause de perte de la biodiversité dans le monde, après la destruction directe des habitats.

1.2 Le concept d'invasion biologique

L'**invasion** (ou envahissement) correspond à l'installation puis au développement rapide et important des effectifs d'une espèce exotique sur un territoire. Tout phénomène d'invasion comprend une phase d'acclimatation ou de latence, suivie d'une phase exponentielle de développement.

Les migrations de plantes sont le plus souvent le fait de l'activité humaine. L'importation d'une espèce sur un territoire peut être volontaire (pour les jardins botaniques ou l'aquariophilie par exemple) ou involontaire (marine marchande, matériaux d'emballage, etc.). On considère que sur 1000 espèces importées, seules 100 pourront être considérées introduites dans le milieu naturel, c'est-à-dire qu'elles apparaissent de manière plus ou moins fugace à l'état sauvage. Sur ces 100








espèces introduites, 10 seront naturalisées (elles se maintiennent dans le milieu naturel sans l'intervention directe de l'homme et se reproduisent comme si elles étaient autochtones). Sur ces 10 espèces restantes, une seule sera invasive.

1.3 Le choix des espèces retenues comme proliférantes

Un inventaire des principaux groupes de végétaux considérés comme des «espèces à risque de prolifération» a été dressé après examen de divers constats recensés sur le territoire français. Il a été réalisé à partir d'une enquête menée auprès des gestionnaires et des utilisateurs dans différents types d'écosystèmes aquatiques français (G.I.S. MACROPHYTES, 1997). Ainsi une liste a été établie.

L'ensemble des groupes considérés comporte les macrophytes, en intégrant le groupe des cyanobactéries ainsi que quelques espèces rivulaires (Tableau 1). Des fiches descriptives de ces espèces sont en ANNEXE 1.

Tableau 1 : Liste des principales plantes aquatiques susceptibles de proliférer en France.

<p> Les Cyanobactéries planctoniques et benthiques : <i>Anabaena sp.</i>, <i>Aphanizomenon sp.</i>, <i>Lyngbia sp.</i>, <i>Microcystis sp.</i>, <i>Oscillatoria sp.</i>, <i>Phormidium sp.</i></p> <p> Les macro-algues filamenteuses : <i>Cladophora sp.</i>, <i>Vaucheria sp.</i>, <i>Hydrodictyon sp.</i>, <i>Spirogyra sp.</i></p> <p> Les macrophytes hydrophytes indigènes : - les renoncules, dont principalement <i>Ranunculus fluitans</i>, <i>R. penicillatus</i>, <i>R. peltatus</i>, - les potamots, dont principalement <i>Potamogeton pectinatus</i>, <i>P. crispus</i>, <i>P. fluitans</i>, <i>P. gramineus</i>, <i>P. lucens</i>, <i>P. natans</i>, <i>P. perfoliatus</i>, - le myriophylle en épi, <i>Myriophyllum spicatum</i>, - le cératophylle, <i>Ceratophyllum demersum</i>.</p> <p> Les macrophytes hydrophytes introduits : - les élodées, dont <i>Elodea canadensis</i>, <i>E. nuttallii</i>, <i>E. ernstiae</i>, - <i>Lagarosiphon major</i>, - <i>Egeria densa</i>, - les jussies, <i>Ludwigia peploides</i> et <i>L. uruguayensis</i>, - le myriophylle du Brésil, <i>Myriophyllum aquaticum</i>.</p> <p> Les macrophytes pleustophytes (hydrophytes flottants libres) : - les lentilles d'eau, <i>Lemna minor</i>, <i>L. gibba</i>, <i>L. trisulca</i>, <i>Spirodela polyrrhiza</i>, - la fougère <i>Azolla filiculoides</i>.</p> <p> Les macrophytes hélophytes : <i>Glyceria maxima</i>, <i>Phalaris arundinacea</i>, <i>Phragmites australis</i>, <i>Scirpus lacustris</i>, <i>Sparganium erectum</i>, <i>Typha latifolia</i>.</p> <p> Les espèces rivulaires : <i>Fallopia japonica</i> et <i>Impatiens glandulifera</i>.</p>

2 Les caractéristiques biologiques et écologiques des espèces

La capacité des plantes à prospérer en milieu aquatique est la résultante de séries complexes d'interactions entre les capacités intrinsèques des végétaux et leur environnement physico-chimique. Cela peut être abordé selon deux aspects :

- les stratégies biologiques qui induisent le potentiel proliférant des végétaux ;
- les types de milieux et les paramètres environnementaux qui favorisent les proliférations.

2.1 Les stratégies biologiques

Celles-ci permettent de mieux cerner les conditions expliquant leurs performances. On y retrouve les adaptations morphologiques et physiologiques, les modes de reproduction et de dissémination, la productivité, ...

2.1.1 Les adaptations morphologiques et physiologiques

Certaines espèces immergées s'assurent la dominance au sein des communautés végétales grâce à un caractère couvrant dû à une croissance et/ou à une multiplication rapide. Cela conduit notamment à masquer la pénétration de la lumière pour les autres espèces. C'est le cas d'hydrophytes submergés à herbiers très denses comme *Elodea sp.* ou *Egeria densa*.

La possibilité de présenter des formes variables (ou phénoplasticité) se rencontre chez certaines espèces afin de s'adapter aux paramètres morphodynamiques du milieu. Un exemple flagrant concerne les jussies qui présentent trois formes différentes en fonction des conditions du milieu : une forme prostrée lorsque les conditions sont défavorables, une forme couchée qui correspond à une forme d'expansion et une forme érigée traduisant la maturité du peuplement. Cette plasticité de la plante lui permet de conquérir des milieux très diversifiés. Un autre exemple est celui des renouées qui ont une période de floraison et de fructification tardive et qui mobilisent ainsi leurs ressources exclusivement pour leur croissance pendant l'été.

Une autre adaptation est l'enracinement en profondeur qui permet un ancrage solide, et la présence de racines adventives sur les tiges qui constitue un moyen de multiplication végétative et de régénération efficace en cas de rupture de la tige.

Enfin, un taux de croissance important représente pour certains macrophytes comme la renouée du Japon, un gage de fort développement. De même l'efficacité de l'activité photosynthétique, signe de bonne productivité, est bénéfique pour ces espèces. Cette activité est favorisée chez certains macrophytes (*Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*,...) ayant la capacité d'utiliser, dans certaines conditions d'alcalinité et de pH, outre le CO₂ dissous, les ions bicarbonates HCO₃.

2.1.2 Les modes de reproduction

La reproduction sexuée est un mode de multiplication secondaire pour les macrophytes. Sa fonction principale est d'assurer la pérennité de l'espèce et éventuellement la colonisation de nouveaux sites. Et même si la fécondation a eu lieu, le rendement de la germination est souvent très faible. La reproduction sexuée peut même être inexistante pour certaines espèces, notamment les espèces introduites comme les élodées où seuls les pieds femelles sont présents (ou du moins abondants) en Europe.

La multiplication végétative est donc le mode presque exclusif d'extension de la plupart des espèces aquatiques proliférantes. Elle est fondamentale pour le maintien de la plante dans le milieu et ses capacités d'extension. Elle peut recourir à divers procédés :

- La fragmentation de morceaux de tiges qui ont la capacité de « bouturer » facilement, comme *Myriophyllum spicatum*, *Ludwigia sp.*
- La multiplication végétative par l'intermédiaire de rhizomes, de stolons ou de tubercules souterrains, pour les espèces à enracinement assez superficiel ou à enracinement profond (rhizomes profonds et traçants pour la renouée du Japon). Elle correspond à une forme de résistance hivernale, elle est très bien adaptée à la propagation de l'espèce sur de courtes distances dès la belle saison.
- Une autre forme de multiplication végétative est la formation d'organes particuliers sur les tiges appelés hibernacles, ou encore bourgeons dormants comme chez *Potamogeton crispus* ou *Egeria densa*. Ils jouent le même rôle que les stolons ou les tubercules mais sont particulièrement adaptés aux espèces à enracinement

superficiel. Cette forme de résistance hivernale est un atout compétitif pour ces espèces.

2.1.3 Les modes de dissémination

Le transport par le courant est le principal agent de dispersion des propagules (organes permettant la propagation de l'espèce, que ce soit des graines, des fragments de végétaux ou de rhizome). L'efficacité de cet entraînement de particules viables par les crues est variable selon les espèces.

C'est également par l'intermédiaire des animaux aquatiques (surtout les oiseaux qui les transportent dans leur pattes ou sur leur plumage) et par diverses activités humaines, qu'est assurée la dissémination de certains de ces organes. Quant aux hélophytes, le transport de leurs graines est principalement assuré par le vent (anémochorie) et par l'eau (hydrochorie).

2.1.4 La productivité

L'évaluation des productions végétales est un des éléments importants permettant d'apprécier le niveau de prolifération d'une ou plusieurs espèces d'un site. De fortes densités végétales sont généralement à relier à des pourcentages de recouvrement supérieurs à 50 % du site, pouvant dépasser les 75 %. Ces informations peuvent être complétées par des pesées de végétaux qui renseignent sur les biomasses en place.

Globalement la biomasse des hydrophytes proliférants représentent au minimum 1 à 2 kg de poids frais par m², souvent plus, et peuvent atteindre, voire dépasser la dizaine de kilos (soit environ 1 kg de poids sec par m²).

2.2 Les caractéristiques environnementales

2.2.1 Les paramètres physiques

L'éclairement

Un des paramètres physiques essentiels favorisant les développements végétaux est l'éclairement. Les secteurs fortement éclairés des écosystèmes aquatiques sont

généralement des sites à potentialité élevée de développement végétal. La majorité des espèces proliférantes ont des besoins en lumière très importants. En revanche, les immergées, dont particulièrement *Egeria* et *Lagarosiphon* ont des besoin moindre et peuvent se développer dans des eaux relativement turbides.

La température

De la même façon, les exigences vis-à-vis de la température varient selon les espèces, allant d'espèces printanières nécessitant des températures plus basses comme *Ranunculus sp.*, à des végétaux pour lesquels l'augmentation de température favorise considérablement la production de biomasse tels que *Lagarosiphon major* et *Myriophyllum aquaticum*.

Ce paramètre est naturellement lié à l'éclairement et augmente le taux d'activité métabolique, donc la croissance. La plupart des espèces productives sont favorisées par un réchauffement des eaux, jusqu'à un certain seuil au delà duquel son influence peut devenir négative.

La température intervient également en tant que facteur climatique dans la répartition des espèces et contrôle notamment l'expansion de plantes thermophiles introduites comme *Egeria densa* ou *Ludwigia spp.* En effet, pour *Egeria densa*, les températures élevées (30°C) et les fortes intensités lumineuses peuvent conduire à la sénescence. Les températures prolongées inférieures à 10°C limitent la croissance de l'appareil végétatif. Il est toutefois rare que de telles conditions soient établies durablement sur toute une masse d'eau, et des recolonisations peuvent intervenir à partir de zones moins défavorables.

La profondeur

Le risque de prolifération est corrélé à la profondeur du milieu, notamment en plan d'eau. Si la profondeur des eaux est faible, la conjonction de ces deux facteurs permet de forts réchauffements des eaux, ce qui favorise donc les proliférations macrophytiques des espèces thermophiles ou thermotolérantes. Les milieux peu profonds, aussi bien en plan d'eau que dans certains secteurs des cours d'eau tels que les radiers, sont donc très largement concernés par des développements végétaux importants qui peuvent même conduire, dans certains cas, à des colonisations totales des milieux.

La profondeur jusqu'à laquelle un milieu est colonisé par la végétation aquatique dépend de la disponibilité de la lumière, donc de la transparence de l'eau. Ainsi dans les milieux extrêmement transparents comme les lacs alpins, les végétaux peuvent se développer jusqu'à une quinzaine de mètres de profondeur.

Le courant et le régime hydrologique

Variable selon les types de végétaux, l'affinité pour le courant est notamment liée au type d'enracinement et d'ancrage de la plante. Les milieux lentiques sont les sites de développement privilégié d'une grande majorité d'organismes proliférants. Au sein des milieux lotiques, les proliférations sont principalement représentées par les renoncules dont les développements sont favorisés par un courant modéré à rapide.

Certaines espèces se développent aussi bien en milieu courant qu'en milieu stagnant. C'est le cas d' *Elodea sp.* ou de *Myriophyllum sp.*

Le régime hydrologique (reflétant la géomorphologie, le climat et la topographie), détermine la capacité de fournir les habitats des macrophytes. C'est un critère essentiel de développement d'une végétation aquatique luxuriante. Cependant, à l'inverse, les événements hydrologiques brutaux comme les crues, la durée et l'intensité des étiages dans les cours d'eau, sont autant de facteurs agissant sur la répartition et la production de biomasse des communautés végétales. Le courant peut donc être un facteur important de perturbation et de limitation du développement. Une élévation de débit se traduit par une accélération des vitesses et donc une augmentation de la force d'arrachage, cassant les tiges ou détachant les plantes et emportant les sédiments fins. Mais la plupart des espèces ont cependant la capacité de se régénérer l'année suivante par graines ou organes.

Le type de substrat

La nature et la structure des sédiments jouent un rôle déterminant comme sites d'ancrage des végétaux enracinés et sources d'éléments nutritifs.

La majorité des espèces proliférantes ont une nette préférence pour les substrats à granulométrie fine, vases ou sables, qui facilitent ou renforcent l'enracinement. C'est le cas des potamots, élodées, myriophylles et espèces introduites. D'autres espèces de milieu lotique sont inféodées à des substrats plus grossiers, que ce soit les cladophores et vaucheries fixées préférentiellement sur des blocs ou des pierres, voire sur des cailloux et graviers. Cependant les renoncules qui se développent en

milieu rhéophile, caractérisé par la présence de cailloux et de substrats grossiers, sont généralement enracinées dans les sédiments fins situés entre ces éléments grossiers, dont la stabilité favorise leur ancrage.

Les conditions stationnelles et les caractéristiques physiques du lit semblent donc primordiales et exercent une forte influence sur la composition des communautés végétales. Toute modification de l'habitat aquatique détermine une recolonisation par des espèces pionnières et peut favoriser des espèces proliférantes à développement rapide.

2.2.2 Les paramètres chimiques

Les paramètres relatifs à la qualité de l'eau ont un impact plus ou moins important sur le développement des communautés végétales. La composition chimique des eaux et des sédiments peut directement influencer sur la nature, la diversité et la répartition des végétaux aquatiques, puisque ceux-ci peuvent le plus souvent se nourrir dans ces deux compartiments abiotiques de l'écosystème.

Minéralisation et pH

La majorité des cas de fortes proliférations se produisent dans des milieux moyennement à fortement minéralisés ou à l'aval de pollutions organiques. Pour des conductivités faibles à moyennes, les milieux accueillent régulièrement un certain nombre d'espèces « à potentialité proliférante », mais la plupart du temps sans prolifération effective. C'est le cas par exemple d'*Elodea canadensis* ou d' *Egeria densa* qui peuvent présenter de larges amplitudes vis-à-vis de ce facteur.

Les nutriments

Les années 1980-90 ont été marquées par la mise en évidence d'un lien entre la teneur élevée des nutriments dans le milieu aquatique (en particulier le phosphore), et l'abondance des peuplements végétaux, macrophytiques et surtout planctoniques.

On peut observer des relations directes entre l'élévation des teneurs d'un nutriment dans l'eau et l'abondance d'une espèce. Cependant les informations disponibles sont parfois contradictoires et il est souvent délicat d'aborder et de

comprendre le rôle précis des nutriments dans le développement important d'une espèce.

2.2.3 Les relations entre espèces

Lorsque le tapis végétal se ferme, les relations inter-spécifiques sont intensifiées. Elles correspondent le plus souvent à la compétition pour les facteurs nécessaires à l'accroissement des plantes. En effet, une espèce à croissance rapide et à forte capacité de colonisation va, par exemple, occuper l'espace disponible et limiter ainsi l'accès à la lumière pour d'autres espèces.

Divers types de relations peuvent être observés : les associations entre espèces et la compétition. Cette dernière est possible soit au sein d'un même type biologique lors du remplacement d'espèces par d'autres (liés à la tolérance à l'évolution de certains milieux ou à certaines dégradations comme l'eutrophisation), soit entre les plantes hydrophytes et le phytoplancton en milieu stagnant, ce dernier pouvant limiter fortement la pénétration de la lumière.

Parmi les différents mécanismes de compétition, il existe des substances allélopatiques capables d'influer négativement sur d'autres espèces, ou la résistance au broutage qui favorise l'expansion de certaines espèces.

Ces facteurs forment un réseau complexe où l'importance des divers paramètres, la nature de leurs relations (synergie, antagonisme, indépendance) varie d'un milieu à un autre. Les macrophytes apparaissent donc comme des intégrateurs de l'ensemble de ces paramètres, de leur hiérarchie et de leurs interactions.

2.3 Espèces à risque de prolifération et milieux propices

Il existe un certain nombre d'« espèces à risque de prolifération », développant des stratégies biologiques qui induisent de fortes potentialités de développement. Parmi elles, certaines espèces introduites récemment présentent des capacités compétitrices et invasives importantes, leur permettant de coloniser rapidement de nouveaux biotopes au détriment de la flore locale.

Un certain nombre de milieux propices aux proliférations présentent des caractéristiques environnementales favorables au déclenchement ou à l'aggravation

de proliférations. L'artificialisation croissante de nombreux hydrosystèmes (cours d'eau et plans d'eau), la création de nombreux plans d'eau destinés à des usages divers, la multiplication des extractions de granulats en lit majeur, la régularisation ou l'inversion des régimes hydrologiques et l'augmentation des rejets riches en éléments nutritifs, contribuent à accroître les phénomènes.

Le croisement de ces deux aspects peut permettre d'apprécier la probabilité de se trouver confronté à une prolifération, au travers d'une gamme de situations allant du risque minimal au risque maximal.

3 Les impacts des proliférations végétales sur leur environnement

Les proliférations de peuplements végétaux ont un impact non négligeable sur les caractéristiques physiques, chimiques et biotiques des écosystèmes concernés.

Ces modifications peuvent avoir des influences positives ou négatives sur l'environnement et/ou sur l'utilisation anthropique de ces milieux.

3.1 Les effets sur le milieu physique

Les principaux paramètres physiques influencés par les proliférations de macrophytes sont la lumière, la température, les écoulements et le substrat.

La lumière

L'atténuation de la lumière au sein des herbiers est un phénomène connu qui réduit fortement les capacités photosynthétiques des végétaux. Elle peut être éventuellement un atout compétitif intéressant pour le gestionnaire lorsque cette espèce empêche le développement d'une autre espèce proliférante. Inversement elle peut constituer un risque de banalisation écologique notable lorsque l'ombrage agissant sur une ou plusieurs espèces limite la richesse biologique globale de l'habitat. C'est par exemple le cas des développements de plantes flottantes, comme les lentilles d'eau, qui peuvent atténuer la lumière dans des proportions dépassant

80 %, ce qui peut conduire à la régression, voire à la disparition des plantes immergées lorsque la couverture de surface est complète et permanente.

La température

Il peut exister des gradients de températures marqués dans les herbiers, dont l'élévation peut avoir un impact négatif sur le métabolisme des organismes végétaux et de l'épifaune liés à ces plantes. Cependant peu de données sont disponibles sur cet aspect.

Les écoulements

Bien qu'ayant un rôle positif dans la lutte contre l'érosion et dans la fixation des sédiments meubles, la végétation aquatique peut engendrer simultanément par la présence de gros herbiers, un effet négatif sur l'écoulement en le ralentissant, et en réhaussant le niveau de l'eau. Un développement important d'hélophytes en bordure des cours d'eau peut aussi en réduire considérablement le lit. WATSON (1987) a montré que le coefficient de rugosité hydraulique augmente considérablement avec l'importance de la végétation. Les vitesses sont alors réduites et la hauteur d'eau s'élève. De plus, le ralentissement du déplacement des masses d'eau dans les herbiers modifie l'assimilation des nutriments par les macrophytes, et le cycle d'oxygène est de plus forte amplitude dans les herbiers qu'en zone dégagée.

Le substrat

En ralentissant le courant, les macrophytes entraînent un piégeage des matières solides transportées. Certaines espèces susceptibles de s'installer dans des substrats très mobiles comme par exemple les sables, peuvent, par les dépôts de sédiments qui s'accumulent dans la zone calme à l'aval de leurs herbiers, créer des micro-habitats. On peut ainsi aisément observer les quantités importantes de sédiments et débris de toutes sortes que parviennent à retenir de gros herbiers tels ceux des renoncules. Ces zones de dépôt sont favorables à d'autres espèces habituellement incapables de s'installer dans les conditions normales d'écoulement et de substrat du site. En retour, les plantes aquatiques, en s'implantant sur les sédiments, contribuent à leur stabilisation. Par contre, en période estivale, caractérisée par des variations rapides des eaux, les végétaux sont arrachés, ce qui entraîne une érosion de ces dépôts. Enfin, le colmatage des fonds sous les herbiers

peut s'avérer un facteur défavorable pour la ponte des poissons lithophiles comme les salmonidés.

3.2 Les effets sur l'environnement chimique

Un des impacts les plus importants créé par les herbiers et surtout par les fortes densités végétales, est la modification du cycle journalier de l'oxygène dissous. Les amplitudes de ce paramètre peuvent être traumatisantes pour la vie aquatique et principalement pour le « compartiment poisson », par les sous-saturations matinales plus ou moins prolongées (jusqu'à plusieurs heures) qu'elles induisent. Ce phénomène est particulièrement vérifié dans les herbiers denses de phanérogames où l'oxygène peut tomber à zéro en fin de nuit et dépasser 250 % de saturation en fin de journée.

En outre, les modifications du cycle du pH, lié à celui de l'oxygène, sont parfois très importantes puisque la différence des valeurs enregistrées entre le matin et le soir peut atteindre, voire dépasser 2 unités pH avec des maxima compris entre 9 et 10 en fin de journée. Dans les eaux eutrophes, ceci influence directement la production d'ammoniac, dont les teneurs toxiques peuvent alors entraîner des mortalités piscicoles.

A l'inverse, le développement en herbiers denses de plantes amphiphytes peut conduire à des déficits très importants en oxygène et à des valeurs faibles de pH. Par exemple, des suivis journaliers réalisés sur un des plans d'eau de la Réserve Naturelle du Marais d'Orx (Landes) sous des herbiers émergés de *Ludwigia spp.* ont montré des teneurs en oxygène ne dépassant pas 2 à 3 mg/l et des pH inférieurs à 7, même en fin de journée (SAINT MACARY, 1998 ; GAILLOU, 1999). Ces déficits sont une conséquence directe de l'absence de feuilles immergées pouvant contribuer à la production d'oxygène photosynthétique dans la masse d'eau et de l'ombrage engendré par les plantes développées au dessus de la surface.

Par ailleurs les macrophytes interviennent également dans les cycles géochimiques grâce à leur capacité de stockage d'éléments inorganiques et à leur fonction de redistribution de ces éléments nutritifs contenus dans les sédiments et les eaux. Ils jouent donc un rôle important dans l'auto-épuration des milieux aquatiques,

malgré les relargages de substances dissoutes et de matières organiques résultant de leurs activités métaboliques et détritiques qui, entraînées vers les zones profondes des plans d'eau, contribuent au comblement de ces milieux et/ou à une désoxygénation due à leur dégradation.

3.3 Les impacts sur le compartiment biotique

En ce qui concerne les différents compartiments biotiques, les macrophytes présentant de forts développements vont influencer sur le compartiment bactérien, le périphyton, les autres espèces de macrophytes, les invertébrés benthiques et les poissons.

Les organismes bactériens et périphytiques profitent de l'activité métabolique des végétaux qui fournissent au milieu des molécules organiques diverses provenant des différents stades de leur cycle de vie, et un apport important de matière organique lors de leur sénescence.

L'impact de certains macrophytes sur d'autres, s'explique par un pouvoir compétiteur important. La prolifération d'une ou de plusieurs espèces végétales peut entraîner une réduction de la biodiversité de ce compartiment, menaçant parfois de disparition des espèces rares voire protégées.

Pour les invertébrés benthiques, la prolifération des macrophytes peut devenir un facteur limitant en créant, par exemple, des conditions physico-chimiques particulières (amplitude des cycles d'oxygène et de pH modifiée par exemple).

Pour les poissons, plusieurs études ont démontré l'importance des macrophytes et de leurs cycles saisonniers comme facteur structurant de leurs habitats dans certaines rivières. Celles-ci ont notamment mis en parallèle l'évolution de la distribution spatiale de la végétation et la microrépartition des poissons. Ainsi les salmonidés étaient particulièrement peu abondants dans les herbiers d'un radier, alors que ce biotope leur est réputé favorable. Une expérimentation de décapage de radiers a montré un doublement des densités de jeunes saumons dans les milieux dégagés.

3.4 Les contraintes pour les usages des milieux

Ce sont, sans conteste, celles qui font l'objet des principales polémiques dans le domaine du contrôle des plantes de par la difficulté d'évaluation des situations. Cette dernière est la conséquence directe du cumul des subjectivités et des lacunes dans les connaissances rencontrées chez les usagers et les gestionnaires : ignorance concernant souvent la plante, subjectivité quant à l'ampleur de son développement, subjectivité quant aux critères de choix des modes de gestion à mettre en œuvre, ignorance plus ou moins importante des enjeux réels de la gestion, etc.

Les impacts sont donc le plus souvent incomplètement analysés, ce qui conduit à des approximations quelquefois importantes dans la mise en œuvre des opérations de régulation des plantes. Traduits en terme de nuisance, les impacts se déclinent en différents risques tels que risques d'inondations sur les cours d'eau dont la section mouillée peut être très fortement occupée par des plantes, réduction des déplacements sur et dans les eaux, difficultés de pratique de la pêche, modifications d'ordre esthétique, etc.

Les principaux problèmes posés sont ceux-ci :

- gêne pour la navigation professionnelle et pour les activités de loisirs dont les herbiers restreignent l'espace ou le contraignent fortement (encombrement des hélices, résistance à l'avancement, difficultés à ramer, limitation de la pêche, etc.) ;
- production d'importantes quantités de débris qui vont très souvent encombrer les ouvrages hydrauliques dont ils gênent la manœuvre ou limitent l'efficacité ;
- encombrements des prises d'eau pour l'alimentation de stations de captage, de colmatage des dégrilleurs de micro-centrales électriques ;
- comblement accéléré de certaines zones péri-fluviales qui restreint ainsi les capacités de stockage des crues. Cela entraîne des risques d'inondation accrus à l'amont sur le site.

3.5 Les facteurs d'accroissement des risques de prolifération

Plusieurs facteurs de milieux favorisent les risques de prolifération des macrophytes. Certaines modifications de ces facteurs, d'origine naturelle mais surtout anthropique, amplifient et aggravent ces situations.

Les perturbations du milieu physique

Des perturbations de l'habitat physique, dans le cas d'opérations de curage, reprofilage, élargissement ou rétrécissement du lit, se traduisent, dans certains cas, par des phases de proliférations d'espèces pionnières avant une éventuelle recolonisation par des hélrophytes. De plus, ces interventions réduisent la biodiversité et limitent la colonisation puis le maintien d'espèces souhaitées.

De même, les secteurs à hydrologie modifiée (tronçons court-circuités ou soumis à éclusées, débits réservés) présentent souvent des déséquilibres entre le débit circulant et la morphologie du lit. En effet, le surdimensionnement des secteurs soumis à débit réservé est un facteur de risque majeur de prolifération, en raison de la faible profondeur d'eau et de son réchauffement. Un autre effet connu de la régulation est la prolifération des herbiers de macrophytes (souvent des renoncules) à l'aval des barrages, où ils sont favorisés par l'apport d'une eau plus froide et souvent chargée en ammonium. Enfin, l'écêtement des crues peut favoriser le maintien d'importantes populations de macrophytes qui étaient, avant régulation, emportées par les crues hivernales.

Ces aménagements s'accompagnent fréquemment d'opérations d'entretien des berges qui, en réduisant ou supprimant l'ombrage, augmentent d'autant la pénétration de la lumière et le réchauffement des eaux, favorisant les proliférations végétales.

Les perturbations du milieu chimique

Les proliférations végétales sont fréquemment considérées comme une manifestation de l'eutrophisation. Cette relation ne semble pas aussi évidente et systématique, dès lors que l'on considère les perturbations physiques déjà citées, mais certaines proliférations observées sur le territoire sont bien des conséquences évidentes d'une augmentation des apports en nutriments dans les eaux.

4 Le cadre réglementaire

La réglementation relative aux espèces végétales aquatiques envahissantes s'exprime autour des trois niveaux mondial, européen et national.

4.1 *Le niveau mondial*

L'article 8 de la Convention sur la Diversité Biologique, signée à Rio de Janeiro en 1992 lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, souligne la nécessité de contrôler les espèces exotiques.

« Chaque partie contractante, dans la mesure du possible et selon qu'il conviendra : Favorise la protection des écosystèmes et des habitats naturels, ainsi que le maintien de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel,

Empêche d'introduire, contrôle ou éradique les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces ».

Cette convention a été signée par la France le 13 juin 1992.

4.2 *Le niveau européen*

La convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel d'Europe, signée par la France et entrée en vigueur en 1982, oblige les Etats membres à contrôler strictement l'introduction des espèces non indigènes.

La Communauté européenne a reconnu l'urgence du problème de la prolifération des espèces exotiques envahissantes et a noté que leur introduction constitue l'une des principales causes connues de perte de la diversité biologique et qu'elles peuvent grandement affecter l'économie et la santé.

La stratégie proposée encourage l'élaboration et la mise en oeuvre de mesures coordonnées afin de minimiser les effets nocifs des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité.

Elle propose aux parties contractantes plusieurs orientations de travail, dont l'amélioration de la collecte, la gestion et le partage de l'information.

En 2003, une stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes a été définie par le comité permanent chargé de suivre l'application de cette convention.

4.3 Le niveau français

Les outils juridiques du droit français sont le code de l'environnement et le code rural.

La réglementation relative aux espèces envahissantes dans le droit français s'articule autour de trois notions juridiques complémentaires : la prévention, l'introduction (dans le milieu naturel) et l'intervention (la lutte).

La prévention recouvre plusieurs aspects qui consiste à :

- Prévenir et éviter l'entrée sur le territoire national d'une espèce suspectée d'être envahissante (non indigène) ;
- Empêcher l'apparition de tout organisme potentiellement envahissant avant même sa découverte ;
- Interdire le transport et la commercialisation d'une espèce envahissante sous toute forme d'une partie du territoire à une autre.

Les outils juridiques utilisables pour atteindre cet objectif sont les restrictions à l'importation, à la vente et au transport (Art. L.412-1 du code de l'Environnement). Toutefois, les restrictions actuelles sur le transport et la commercialisation des espèces concernent exclusivement les animaux, à l'exception de l'algue marine *Caulerpa taxifolia*.

L'interdiction d'introduire une espèce envahissante dans le milieu naturel est clairement énoncée dans l'article L.411-3 du code de l'Environnement relatif à l'interdiction d'introduction d'espèces exotiques.

« Afin de ne porter préjudice ni aux milieux naturels ni à la faune et à la flore sauvages, est interdite l'introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence :

- De tout spécimen d'une espèce animale à la fois non indigène au territoire d'introduction et non domestique ;
- De tout spécimen d'une espèce végétale à la fois non indigène au territoire d'introduction et non domestique ;
- De tout spécimen de l'une des espèces animales ou végétales désignées par l'autorité administrative. »

A ce jour, l'introduction involontaire ou par négligence, bien qu'interdite, n'est pas punissable. Ce point fait ressortir l'importance de la prévention.

L'intervention est réglementée par le régime juridique du cours d'eau qui détermine les droits et les devoirs des riverains. Le code de l'environnement met en avant les principes qui doivent prévaloir dans toute opération de restauration/entretien des milieux aquatiques et permettre de mettre en place une gestion équilibrée conciliant les différents usages.

C'est l'Art. L.211-1 du code de l'Environnement qui prévaut à toute intervention :

- Les dispositions ont pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau ; cette gestion équilibrée vise à assurer :
 - La préservation des milieux aquatiques, des sites et des zones humides ;
 - La protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature, et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation de eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, bactériologiques ou biologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;
 - La restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération ;
 - Le développement et la protection de la ressource en eau ;
 - La valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource.

• La gestion équilibrée doit permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités et travaux, les exigences :

- De la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population ;
- De la vie biologique du milieu récepteur et spécialement, de la faune piscicole ;
- De la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;
- De l'agriculture, de la pêche en eau douce, des pêches et cultures marines, de l'industrie, de la production d'énergie, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports, ainsi que toute autre activité humaine, légalement exercée.

D'autres réglementations sont spécifiques à la réalisation des chantiers (traitement par phytocides, gestion des déchets, ...). Si les travaux sont engagés avec des fonds publics, le maître d'ouvrage devra obligatoirement disposer d'une déclaration d'intérêt général.

L'ensemble de ces réglementations met en avant des principes qui doivent prévaloir dans toutes opérations de restauration/entretien des milieux aquatiques afin de mettre en place une gestion équilibrée.

5 Les modalités de gestion

Les techniques de contrôle des plantes aquatiques sont relativement bien connues et de nombreuses publications existent qui en présentent la diversité, les modalités d'application et les éventuels impacts.

Ces approches peuvent être classées en deux groupes et sont généralement complémentaires :

- L'un comporte des moyens d'action directs sur les plantes, mécaniques, chimiques ou biologiques, qui sont des méthodes curatives. Ces techniques sont les plus connues. Elles ont pour but de détruire, d'enlever ou de faire régresser les plantes dans les biotopes où elles sont installées.

- L'autre, intervenant sur un des paramètres de répartition ou de développement des plantes (éclairage, hydrologie...), correspond à des modifications ou des manipulations de l'habitat. Ce sont des méthodes préventives qui tentent d'empêcher ou de limiter le développement des plantes.

Il s'agit donc de voir comment une meilleure connaissance des caractères biologiques et écologiques des espèces à potentiel proliférant ainsi que l'étude des caractéristiques des milieux où elles se développent peuvent permettre d'affiner l'analyse et d'ajuster au mieux une intervention si cela est rendu nécessaire.

Tout d'abord, dès lors qu'un problème de prolifération se pose, la première démarche à réaliser est une identification taxinomique précise, au genre et, si possible, à l'espèce, de la ou des plantes concernées. Cette précision va faciliter la description du phénomène et permettre d'envisager, si nécessaire, un traitement adapté. Le manque de précisions à ce niveau pourrait avoir, à l'inverse, un impact très négatif, suite à des choix non judicieux.

5.1 L'acquisition de connaissances

5.1.1 La définition des usages

Avant de se lancer dans des interventions, il apparaît nécessaire que les gestionnaires fassent un bilan complet des usages, des nuisances causées par les plantes et des objectifs de gestion.

Les usages des milieux peuvent être quantitatifs (production d'énergie, irrigation, soutien d'étiage, etc.) ou qualitatifs (eau potable, baignade, pêche, etc.). Ils peuvent s'exercer sur le milieu lui-même ou sur son bassin versant. Les définir permet de préciser leur nature, leur imbrication géographique ou temporelle, la hiérarchisation des enjeux d'usage voire leur niveau de compatibilité entre eux. En effet, des usages multiples s'exercent souvent sur un même milieu sans que les impacts de certaines activités sur d'autres soient correctement évalués. De plus, une partie des gestionnaires des milieux tentent de maximiser les usages des milieux qu'ils gèrent sans parfois aucune analyse préalable des risques. Ainsi, un bilan des demandes des usagers et des capacités des milieux à satisfaire ces demandes devrait déboucher sur une hiérarchisation plus précise de ces usages et faciliter les choix ultérieurs d'interventions (Figure 1).

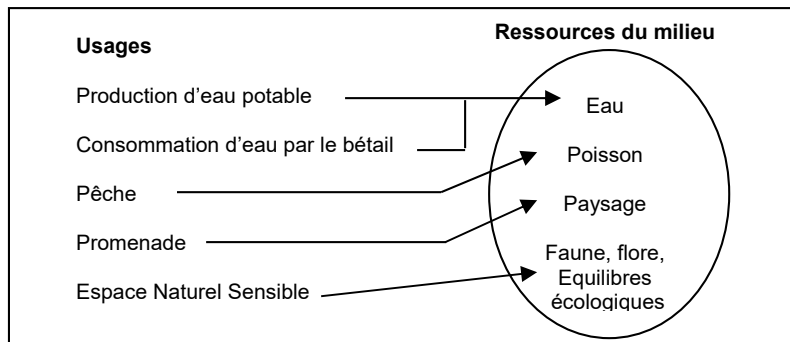


Figure 1 : Usages et ressources (Dutartre et al., 1997)

5.1.2 L'appréciation des nuisances

Les nuisances méritent elles aussi une analyse plus fine. C'est une appréciation subjective d'une gêne causée à un ou plusieurs usages par l'évolution d'un ou plusieurs paramètres du milieu. Une nuisance se définit par rapport à cet ou ces usage(s). Dans le contexte présent, il s'agit de l'existence jugée trop importante des plantes aquatiques. Par exemple, se baigner dans des plantes aquatiques est une expérience considérée comme désagréable par la plupart des baigneurs. Dans tous les cas, les réactions restent subjectives et leur analyse doit tenter de leur donner une part d'objectivité. Cette analyse doit tenir compte des usages et des objectifs de gestion du milieu, mais elle doit également respecter la cohérence de fonctionnement du milieu. Sans cela, les interventions mises en œuvre risquent de créer des nuisances induites non prévues.

L'intégration des informations sur les usages et les nuisances ressenties doit être renforcée par d'autres éléments sur la ou les plantes causant les nuisances et le milieu concerné.

5.1.3 L'établissement des objectifs de gestion

Dans le cas de milieux à usage unique ou à usages peu nombreux, cette définition d'objectif est rapidement obtenue. Il n'en est pas de même dans des milieux à usages multiples. La mise en œuvre des interventions devra faire l'objet de négociations entre les différents usagers. Par exemple, une plante peut devenir gênante pour la pratique des sports nautiques tout en présentant un grand intérêt

halieutique. Il est donc nécessaire pour décider de s'appuyer sur une description complète du site, des plantes, des usages et des relations inter-usages.

L'ensemble des données récupérées doit permettre d'arriver au choix final des techniques d'interventions (Figure 2).

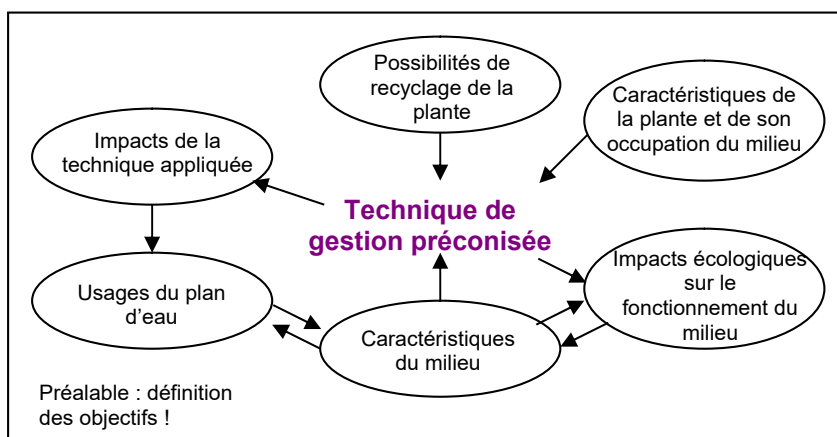


Figure 2 : Éléments de choix des techniques d'intervention (Dutartre et al., 1997).

5.2 Les choix techniques

5.2.1 Le contrôle de la plante

Dès lors qu'une opération a été décidée, un des critères de choix, parmi les différentes méthodes de régulation des plantes, est lié à la connaissance de sa biologie, notamment de son cycle saisonnier, de sa structure, de ses capacités de production et de ses possibilités de bouturage. Par ailleurs, les caractéristiques du milieu où se produit la prolifération déterminent partiellement le choix des méthodes, en fonction de l'accessibilité, de la profondeur, des risques de dissémination des boutures, de la connexion entre la zone traitée et le réseau hydrographique. Parmi d'autres éléments, les entreprises spécialisées dans ces travaux apportent une grande attention aux accès au milieu, indispensables pour l'amenée et le départ des engins et pour le transport éventuel des plantes vers l'extérieur du site.

✚ Le contrôle manuel

Compte tenu de la difficulté de ce travail et des autres possibilités techniques actuelles, ce type d'intervention doit être réservé à des opérations de dimensions restreintes, comme par exemple dans des milieux de très faible superficie, ou dans des situations où la précision du travail manuel peut apporter une plus-value importante dans la qualité finale de l'intervention (Figure 3).



Figure 3 : Illustration d'un arrachage manuel.

✚ Le contrôle mécanique

En cas de contrôle mécanique, la période d'intervention la plus favorable varie en fonction du cycle de la plante. Il est en effet recommandé de couper les végétaux avant la fructification pour éviter leur extension par dissémination des graines. En revanche un traitement réalisé trop tôt peut entraîner une repousse importante, voire une floraison tardive, le rendant ainsi peu efficace. Au contraire, une coupe tardive altère le stockage des sucres de réserve.

Le calendrier d'intervention peut donc varier d'une espèce à l'autre, d'une année à l'autre, et d'un site à l'autre en essayant de concilier au mieux les différentes contraintes liées à l'utilisation du milieu. Quoi qu'il en soit, les opérations sont souvent entreprises en priorité lorsque les nuisances causées sont jugées inacceptables par les gestionnaires.

Des interventions mécanisées sont réalisées depuis les années 1920. Le matériel disponible est très souvent issu d'adaptation d'équipements agricoles. Les plus anciens ne procèdent qu'à une coupe des plantes : **le faucardage**. Il s'agit d'un

système de barre de coupe composée de cisailles horizontales. Le principal inconvénient est l'abandon des plantes coupées dans le milieu ce qui peut causer des déficits en oxygène liés au pourrissement, et une recolonisation par bouturage. Mais les engins les plus récents permettent une véritable moisson des plantes, c'est-à-dire coupe et récolte simultanées. Relativement fragiles, ces appareils sont plus efficaces dans des milieux stagnants ou à faible courant, présentant des fonds réguliers (Figure 4).



Figure 4: Illustration de faucardage avec ramassage des plantes.

D'autres appareils comme des **godets** faucardeurs ou des **griffes** peuvent être installés sur un bras hydraulique d'un engin terrestre (tracteur, pelle mécanique) ou flottant (bateau, ponton). Ils permettent d'arracher ou d'enlever les plantes.

Pour les plantes de bordure, les engins employés pour l'entretien des berges et des bords de route sont utilisables avec certaines adaptations. Leurs principales limitations sont la faible portée du bras qui dépasse rarement une douzaine de mètres de longueur et l'accessibilité des rives.

Le **curage** ou le **dragage** sont également des techniques de contrôle des plantes aquatiques. Ils permettent d'intervenir sur les parties superficielles des sédiments les plus riches en nutriments, et sur les parties des plantes enfouies dans le sédiment (racines, stolons ou rhizomes). Ces techniques sont relativement efficaces.

Les risques ou incidences des interventions mécaniques sont relativement bien connus. Le passage des engins entraîne souvent des remises en suspension momentanées de la couche superficielle fluide des sédiments. La sélection des

plantes est extrêmement difficile. Les plantes retirées entraînent avec elles leur faune inféodée dont les invertébrés.

La récolte et le devenir des plants extraits

La récolte est fortement recommandée car elle limite la recolonisation du milieu en évitant le bouturage des fragments de tiges qui est parfois très efficace chez des végétaux comme le myriophylle, la renoncule ou la jussie. En outre, l'exportation des végétaux coupés évite le retour dans le milieu d'une certaine quantité d'éléments nutritifs et de matières organiques dont la dégradation peut créer des situations de désoxygénation intense.

De plus, le devenir des matières organiques extraites doit faire intégralement partie de la filière de gestion à mettre en place. Longtemps négligée, cette phase était généralement résolue sans réflexion d'ensemble par des dépôts dans des sites proches ou dans des décharges. Cela est possible mais l'accroissement des quantités de plantes extraites et l'évolution de la réglementation en matière de gestion des déchets verts font apparaître la nécessité d'une réflexion globale sur le sujet. Leur utilisation la plus évidente est le choix d'une filière de valorisation (emploi comme engrais vert, ou ingrédients dans des terres végétales ou des composts) plutôt que des filières d'élimination (incinération, enfouissement).

Le contrôle chimique

L'utilisation d'herbicides en milieu aquatique est une technique régulièrement employée en France, du moins dans les milieux stagnants (et non ou peu connectés au réseau hydrographique). En rivière cette utilisation n'est pas recommandée. Les substances actives homologuées figurent dans l'Index Phytosanitaire édité chaque année par l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA).

En cas de contrôle chimique, l'utilisation d'herbicides mieux ciblés selon le type de plante, employés avec des modes opératoires adaptés, peut permettre d'être plus efficace (Figure 5). Car l'efficacité des traitements est rarement parfaite. Ainsi ceux-ci détruisent la partie supérieure de la plante, qui reste capable de se développer à nouveau grâce aux rhizomes qui ont été préservés.

Cette capacité de repousse est fréquente chez toutes les plantes stolonifères ou rhizomateuses.

Deux types différents d'herbicides correspondent à deux périodes potentielles de traitement :

- herbicides à action racinaire, avec traitement à partir de mars - avril,
- herbicides à action foliaire, avec traitement à partir de juin.



Figure 5: Illustration d'une dégénérescence des pieds de jussies après un traitement au glyphosate.

Bien que souvent importante, l'efficacité des traitements chimiques n'est pas aussi parfaite que le laissent supposer une partie des informations disponibles et divers exemples montrent les limites de ce type de méthode. L'une de ces limites est la durée d'action dépassant rarement deux ou trois périodes estivales. De plus, l'utilisation de ces produits rencontre des réticences et suscite diverses polémiques dans la plupart des pays où elle est permise. Hormis les risques toxicologiques à court et à moyen terme vis-à-vis des organismes non visés par les applications, et en particulier des poissons, des incidences secondaires notables lui sont reprochées. Il s'agit en particulier des risques de désoxygénation du milieu, liées à la consommation d'oxygène nécessaire à la dégradation bactérienne des plantes mortes, et des modifications d'habitats quelquefois radicales qu'elle peut engendrer dans certains écosystèmes.

Les utilisations ultérieures des eaux des milieux traités et des milieux situés en aval doivent également être prises en compte, en observant un délai de sécurité, permettant la dilution ou la dégradation des produits. Il importe également de ne pas négliger les impacts secondaires sur les plantes non visées et le risque d'extension de l'effet phytotoxique des produits.

L'application d'herbicides est complexe. Elle doit être considérée comme l'introduction d'un toxique dans l'environnement. L'analyse préalable devrait comporter un bilan des risques éventuels sur le secteur traité mais également en aval, y compris les nuisances secondaires qu'elle peut causer. Il faut également préconiser la prudence et ne pas étendre le traitement à l'ensemble du milieu, afin de limiter les risques vis-à-vis de l'environnement ainsi que les dommages à l'environnement non visé.

De plus, la suppression ou l'enlèvement du milieu de plantes à pouvoir fortement couvrant, peut avoir un impact important sur la pénétration de la lumière, et permettre le développement de nouvelles espèces compétitives. Il faut donc prendre garde en agissant de façon rigoureuse, à ne pas déplacer le problème en le rendant plus difficile à gérer que la situation initiale.

Le contrôle biologique

Il s'agit d'utiliser des organismes spécifiques consommant les plantes, leur provoquant des maladies ou limitant leur développement. Leur choix spécifique est souvent inféodé à une espèce ou à un type de végétal et justifie amplement une bonne connaissance de ce dernier.

A l'échelle mondiale, une grande variété d'organismes a été utilisée ou étudiée : virus, champignons, insectes, acariens, crustacés, poissons, oiseaux, mammifères, ainsi que la compétition inter-spécifique. Les recherches dans ce domaine sont diversement avancées, pour une grande part encore en phase expérimentale. Les seules mises en œuvre concrètes concernent certaines plantes aquatiques tropicales comme la jacinthe d'eau.

En France, aucune recherche spécifique n'est menée sur ces techniques mais les recherches mondiales pourraient éventuellement être utilisables dès lors qu'elles concerneront certaines des espèces proliférantes sur le territoire.

Le mode le plus ancien de contrôle biologique des plantes aquatiques émergées (roseaux, scirpes, etc.) ou amphibies, dans les zones humides, est le pâturage extensif par des animaux domestiques. En France, c'est une technique régulièrement utilisée dans les espaces naturels protégés, tels que les Réserves Naturelles, les réserves de chasse, etc. Les espèces bovines ou équines utilisées sont, la plupart du temps, des races rustiques pouvant s'accommoder des conditions de vie souvent difficiles dans ces milieux. Cette technique n'est toutefois applicable que dans des sites clôturés où les troupeaux sont contenus et font l'objet d'une gestion régulière et adaptée.

Des mammifères et des oiseaux inféodés aux milieux aquatiques ont été également étudiés comme « agents de contrôle » des plantes. Mais, dans la plupart des cas, leurs potentialités paraissent réduites. De plus des difficultés de contrôle de ces populations d'herbivores peuvent se produire en l'absence de gestion continue, qui limitent encore ces potentialités ou peuvent même causer des nuisances.

La carpe chinoise (*Ctenopharyngodon idella* Val.) est un des moyens de contrôle biologique des macrophytes les plus prometteurs dans les zones tropicales. Elle est présente depuis une trentaine d'années en Europe. En France, son introduction est interdite dans les eaux libres, ce qui est censé la proscrire des cours d'eau et des retenues, bien que de nombreuses introductions sauvages lui aient probablement permis de s'installer dans des milieux aquatiques très diversifiés sur le territoire français. Les effets de l'introduction de la carpe chinoise sur les écosystèmes aquatiques ont été étudiés dans divers pays et ils doivent inciter à une grande prudence dans le cas de milieux à usages multiples, même s'il s'agit d'eaux closes. Une des limites très importantes de leur emploi est leur faculté de choix alimentaire : elles sont en effet capables de consommer préférentiellement une espèce végétale donnée, qui ne sera pas obligatoirement l'espèce que les gestionnaires du milieu souhaiteront combattre, ce qui peut engendrer des dommages aux espèces non visées par la gestion mise en place.

De rares espèces de poissons des zones tempérées sont utilisables : en Camargue, CRIVELLI (1983) a montré qu'une forte augmentation de la densité de la carpe commune supérieure à 250 kg/ha diminue la biomasse de certains macrophytes submergés.

L'utilisation d'insectes herbivores spécifiques de quelques plantes aquatiques est en cours dans quelques cas, mais ne concerne que les plantes tropicales les plus

nuisibles à l'échelle mondiale. A notre connaissance, seules quelques recherches sont lancées sur les cas de la jussie et du myriophylle du Brésil. C'est par exemple le cas du coléoptère *Lysathia (Altica) ludoviciana* (Fall), qui se nourrit de *Myriophyllum aquaticum*, *Ludwigia peploides* et *Ludwigia grandiflora* durant son stade larvaire.

Concernant la compétition, il a été remarqué que la présence d'espèces sociales vigoureuses telles que le roseau ou la baldingère limite souvent la progression de la jussie. Diverses observations montrent toutefois une capacité des jussies à envahir certaines roselières affaiblies par une pression de brouteurs (ragondin, rat musqué), de la fauche, ou une augmentation des niveaux d'eau aux périodes propices pour les jussies (vallée de l'Erdre, Brière, Marais Charentais par exemple). Les roselières denses des rives peuvent également jouer un rôle de filtre des boutures des plantes amphibies en les empêchant d'accéder au contact eau/terre et les fragments de tiges transportés par les eaux ne peuvent s'enraciner.

5.2.2 La gestion du milieu

A titre préventif ou pour limiter les effets d'un aménagement drastique, il est possible, pour limiter les proliférations végétales, d'agir sur les paramètres environnementaux susceptibles de contrôler la croissance des végétaux.

Les macrophytes aquatiques ont la possibilité de se nourrir soit par leurs systèmes racinaires soit directement à travers les tissus de leurs tiges et feuilles. La **qualité physico-chimique** des eaux et des sédiments influe donc directement sur les peuplements présents. Toute action visant à réduire les apports en éléments nutritifs devrait engendrer des limitations de l'extension et de la croissance des espèces. Mais son influence peut rester faible car ce paramètre n'est qu'un facteur de répartition des plantes dans le milieu. Par ailleurs, pour certains usages particuliers, une relative richesse des eaux en éléments nutritifs est recherchée, comme pour la pisciculture par exemple.

Une limitation naturelle du développement des macrophytes dans les cours d'eau est l'**ombrage** engendré par les formations végétales des rives ou ripisylves. Pour des largeurs de cours inférieures à 25 mètres, un ombrage de 50% suffirait à réduire la biomasse végétale à des niveaux acceptables.

Dans certains cas il est possible d'intervenir sur le **niveau des eaux**. Une élévation du niveau peut réduire les développements végétaux. La mise en **assec** des retenues a également des impacts notables sur les plantes et la minéralisation des sédiments. Ainsi, sur certaines zones humides littorales, des asssecs de quelques semaines à 6 mois ont permis de faire régresser les jussies. Ces assèchements estivaux affectent également la flore locale mais d'une moindre manière car cette dernière est plus adaptée à ce type de situation. Toutefois, les évolutions de ces milieux sont parfois imprévisibles à cause des stocks de graines présents dans les sédiments et qui peuvent germer.

La prévention des développements de plantes est un aspect de la gestion des plantes aquatiques envahissantes dont l'application reste relativement rare. Mais les réflexions engagées par de nombreux partenaires sur les questions plus générales de gestion de l'environnement devraient contribuer à faire évoluer la situation propre aux milieux aquatiques, en y intégrant des analyses plus complètes des impacts écologiques.

5.3 La nécessité d'une procédure de gestion

La multiplicité des situations à traiter empêche l'application d'une quelconque recette généralisable ou d'une procédure-type. C'est pourquoi il semble utile de proposer, pour chaque situation, une procédure générale pour les interventions de gestion. Elle peut permettre d'améliorer la qualité globale des interventions et de favoriser la diffusion dans le monde des gestionnaires des acquis scientifiques, techniques et organisationnelles des diverses opérations menées dans ce domaine.

Cette procédure pourrait s'articuler autour de trois aspects.

Le premier est la définition :

- des caractéristiques du milieu concerné : superficie, profondeur, régime hydraulique, peuplements végétaux, etc.
- des usages et des usagers
- des nuisances et de leurs causes
- des plantes responsables des nuisances
- des objectifs de gestion.

A ce niveau de procédure, la décision d'intervention ou non doit être prise. En effet, l'intervention éventuelle découle de la réflexion préalable et ne doit pas être la conséquence du seul désir d'action.

Le second aspect est le choix :

- d'une ou des techniques d'intervention en intégrant les incidences secondaires des techniques et le devenir des plantes extraites
- d'un programme d'intervention (organisation, financement, etc.) en se plaçant dès le départ dans le contexte d'un entretien régulier. Le programme facilitera la réalisation des travaux.

Enfin, le troisième stade est l'évaluation :

- de l'efficacité du programme (satisfaction des usagers, durée, etc.)
- des impacts écologiques des interventions.

Ces évaluations sont nécessaires pour permettre des adaptations ou des modifications éventuelles du programme en cas de dysfonctionnement.

5.4 Les acteurs de la gestion

La multiplicité des acteurs est une des contraintes de la gestion des plantes aquatiques. Les deux principaux groupes sont constitués des usagers et des gestionnaires, mais il faut y ajouter les techniciens et les scientifiques pour que les interventions puissent être réalisées dans des conditions optimales. De plus, tout comme les usagers, les gestionnaires, les techniciens et les scientifiques sont extrêmement divers (territoires gérés, modalités de fonctionnement, etc.). Ainsi pour les techniciens, certains sont membres des organismes gestionnaires, des services de l'Etat ou des collectivités territoriales, alors que d'autres sont des employés de sociétés privées spécialisées dans ce type de travaux. Enfin, les scientifiques peuvent contribuer à conforter les connaissances sur la biologie et l'écologie des plantes et les mettre à disposition des gestionnaires, ou, s'impliquer plus complètement en participant à la mise en place des interventions en apportant les connaissances dans la procédure proposée.

Chacun de ces groupes d'intervenants envisagent les modalités de gestion selon leur propre logique. La difficulté est donc de rendre compatible ces différentes logiques et d'objectiver le plus possible les projets d'intervention pour ne pas négliger certains aspects au détriment d'autres.

Des efforts importants ont été accomplis depuis quelques années pour améliorer la diffusion des informations au sein des réseaux dans les domaines de la gestion des milieux naturels tels que ceux des réserves naturelles ou des parcs nationaux. Cela s'est fait grâce à des établissements publics tels que les Agences de l'eau ou à travers les « pôles-relais » installés par le ministère de l'Ecologie. La mise à disposition d'informations dans des sites Internet dédiés est également un facteur d'amélioration de la gestion des plantes aquatiques. Mais les changements « culturels » indispensables à la mise en place d'une gestion cohérente placée dans un contexte de développement durable sont encore loin d'être réalisés.

6 Exemple de gestion : le plan d'action en Pays de Loire

6.1 La création d'un comité de gestion

Depuis quelques années, de nombreuses collectivités chargées de la gestion des milieux aquatiques en Loire-Atlantique et en Vendée se sont investies dans différentes démarches afin de suivre certaines espèces et pouvoir mener des actions de maîtrise.

Parmi ces gestionnaires, il y a le Parc Naturel de Brière, le Syndicat du Don, le Syndicat mixte Eden, des syndicats du bassin de la Sèvre Niortaise, des Fédérations de Pêche et des Conseils Généraux de Loire-Atlantique et de Vendée. Ils ont peu à peu été rejoints par les collectivités des départements des Pays de la Loire.

Ainsi, pour répondre à l'ensemble des problématiques posées, la DIREN des Pays de la Loire a mis en place un comité de gestion avec la collaboration active du Forum des Marais Atlantique, de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, du Conseil Général Loire Atlantique et du Conservatoire Régional des rives de Loire et de ses affluents.

Ce comité est constitué d'experts scientifiques, administratifs et associatifs, ainsi que de représentants de chaque département et des gestionnaires, qui oeuvrent à l'échelon de chaque département et du bassin de la Loire.

6.2 Son rôle

Le comité de gestion a des responsabilités rôles qui sont de :

- Mettre en place une cartographie régionale réactualisée annuellement (observatoire), et promouvoir des outils de collecte de cette information par les gestionnaires locaux pour leur usage.

Un premier état des lieux a été établi en 2001, initiant ainsi la démarche pour les années suivantes.

- Elaborer le présent guide technique d'aide aux collectivités pour des interventions de gestion.

- Saisir les chercheurs sur des besoins d'expérimentation scientifique et technique :

- traitements expérimentaux sur prairies,
- suivis écologiques des chantiers d'enlèvements, etc.

- Communiquer, pour répondre au besoin d'information (gestionnaires de l'eau, bateliers, pêcheurs, propriétaires d'étangs, etc.) et de sensibilisation du grand public.

Afin d'assurer la cohérence des dossiers d'interventions constitués par les gestionnaires locaux (syndicats de rivières et de marais), les Conseils Généraux et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, en étroite collaboration avec la DIREN et le Forum des Marais Atlantiques, ont souhaité appuyer la constitution de comités départementaux.

Le Comité des Pays de la Loire pour la gestion des plantes exotiques envahissantes souhaite un rapprochement des initiatives et un partage des expériences, à une échelle plus large que la région et le bassin. Pour cela, il envisage une mise en réseau scientifique et technique avec des partenaires d'autres régions, notamment en Aquitaine, en Languedoc-Roussillon et Méditerranée.

Il faut signaler qu'à l'échelle du bassin de la Loire, une démarche similaire est engagée par l'équipe pluridisciplinaire Plan Loire de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne afin de favoriser la cohérence des actions de contrôle et mettre en place une veille technique. Ces initiatives sont en cours de rapprochement.

CONCLUSION

Les conditions d'apparition d'une prolifération végétale résultent de nombreuses interactions que l'on peut classer en deux grandes composantes : l'existence d'espèces à risque, et celle de facteurs favorables (ou milieux propices). En effet, la première est la résultante du potentiel biologique proliférant des végétaux c'est-à-dire la capacité de croître rapidement, de produire beaucoup, de se maintenir et de se développer dans le milieu. La seconde est issue du croisement entre les types de milieu et les facteurs environnementaux favorables (naturels ou anthropique). Ces conditions permettent à une ou plusieurs espèces de se développer par une occupation de l'espace disponible.

Ainsi, l'approfondissement des connaissances sur la biologie et l'écologie des plantes aquatiques proliférantes présente un intérêt certain. Il doit être intégré dans une réflexion globale dans la mise en œuvre des techniques de contrôle de ces végétaux. Les techniques disponibles présentent des limites et des incidences quelques fois ignorées ou négligées, ce qui peut créer des dommages environnementaux non prévus. Il apparaît donc nécessaire de prendre en compte le fonctionnement global des écosystèmes, en étudiant les interactions complexes des facteurs qui peuvent déterminer une prolifération.

Dans cette situation, les échanges d'informations entre les structures gestionnaires sur les travaux réalisés et les résultats obtenus sont indispensables.

BIBLIOGRAPHIE

DUTARTRE A., 2002. Panorama des modes de gestion des plantes aquatiques : nuisances, usages, techniques et risques induits. Ingénierie n°30 29-42.

MASSON A.-L., 2002. Etude des végétaux envahissants sur la Loire et ses principaux affluents. DESS IHCE, Université François Rabelais, Tours. 87p. + annexes.

MATRAT R., ANRAS L., VIENNE L., HERVOCHON F., Gestion des plantes exotiques envahissantes, Comité des Pays de la Loire, 2004. Gestion des plantes exotiques envahissantes en cours d'eau et zones humides. 68p.

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.

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.

PELTRE M.C., MULLER S., DUTARTRE A., BARBE J., coll. HAURY J., TREMOLIERE M., GIS Macrophytes des eaux continentales, 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférantes en France. Synthèse bibliographique. Les études de l'Agence de l'eau. 68. 199 p.

SAINT-MAXENT T., 2002. Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et sub-aquatiques. Fiches synthèses espèces végétales. Agence de l'eau Artois Picardie, Mission écologie du milieu. 144p.