

Régulation des développements de plantes aquatiques

Alain Dutartre ^a, Marie-Christine Peltre ^b, Nicolas Pipet ^c, Lionel Fournier ^d et Marie-Jo Menozzi ^e

Encore souvent négligées en tant qu'organismes naturellement présents dans tous les types de milieux aquatiques, les plantes deviennent des « objets de gestion », et plus précisément des « objets à contrôler » et à « réguler », lorsque l'importance de leurs développements les rend perceptibles dans les paysages aux yeux des usagers et des habitants. Ce qui est alors communément appelé « prolifération », c'est-à-dire un développement rapide et important à l'échelle d'un site, devient un « objet » à traiter, à réduire, voire à faire disparaître.

Ces proliférations peuvent être le fait d'espèces indigènes dont la dynamique de colonisation a été accélérée par des modifications de certains paramètres d'environnement des sites en question, modifications créées la plupart du temps par des interventions humaines ; elles peuvent également être dues à des espèces exotiques envahissantes, elles-mêmes favorisées par ces modifications environnementales. Dans ce second cas, les développements végétaux peuvent être dispersés sur de vastes territoires, engendrer des difficultés diverses, liées aux usages des différents milieux colonisés, et rendre plus complexe la mise en œuvre d'opérations de gestion car ces opérations concernent alors des gestionnaires multiples.

Bien que les techniques disponibles pour la réalisation de ces opérations soient suffisamment connues, au moins de manière générale, de nombreuses difficultés subsistent. Ces difficultés sont en lien direct avec les perceptions et les besoins

des usagers et des gestionnaires, la nature et l'écologie des plantes et des sites concernés et, d'une manière plus large, les objectifs de la gestion des milieux aquatiques. En préalable de la mise en œuvre de travaux, il est d'ailleurs aussi pertinent de s'interroger sur les motivations conduisant à cette gestion des développements végétaux.

Comment gérer les développements végétaux ?

Il n'existe évidemment aucune recette généralisable pour cette gestion (la panacée souhaitée par certains gestionnaires) car de nombreux facteurs interagissent dans chaque situation. Parmi ces facteurs, citons :

- les caractéristiques écologiques de ces plantes (Peltre *et al.*, 2002a), comme par exemple leur capacité de dispersion dans les biotopes favorables, leur mode de reproduction, leur capacité d'occupation des sites colonisés, l'absence ou la rareté d'autres espèces végétales pouvant être des compétiteurs ou d'espèces animales pouvant être des consommateurs. Cela peut être aussi leur sensibilité aux techniques disponibles pour en contrôler la colonisation, leur taille, leur morphologie, par exemple, les rendant plus ou moins facilement manipulables ;
- les types de milieux concernés par ces colonisations (cours d'eau, plans d'eau, zones humides diverses), leurs niveaux d'interconnexions et les usages humains (photos 1, 2 et 3) qui y sont

Les contacts

a. Cemagref, UR Réseaux, épuration et qualité des eaux, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
b. Université Paul Verlaine, Laboratoire des interactions écotoxicologie, biodiversité, écosystèmes, Campus Bridoux, rue du général Delestraint, 57070 Metz Cedex
c. Institution interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise, Hôtel du Département, BP 531, rue de l'Abreuvoir, 79021 Niort Cedex
d. Syndicat mixte Géolandes, Hôtel du Département, 20 rue Victor Hugo, 40025 Mont-de-Marsan Cedex
e. Anthropologue consultante, 12 rue Jules Soufflet, 35310 Cintré

développés (nature, hiérarchies d'importance, imbrications) ;

– les types de nuisances que ces espèces sont susceptibles de créer dans ces milieux, aussi bien vis-à-vis de la biodiversité que des usages humains ;

– la nature des responsables de la gestion de ces milieux (propriétaires ou gestionnaires privés ou publics agissant comme des « délégués » des propriétaires).

Ces éléments doivent nécessairement être pris en compte pour assurer les meilleures chances de réussite des interventions d'éradication ou de régulation à mettre en œuvre.

Une procédure générale pour ces interventions de gestion a déjà été proposée (Dutartre, 2002b ; Peltre *et al.*, 2002b) qui s'articule autour de trois aspects :

– **un bilan des connaissances** sur les facteurs déjà cités,

– **des choix techniques et organisationnels** (choix des modalités pratiques d'interventions, programmation financière et technique des interventions, etc.),

– **des évaluations ultérieures de l'efficacité des travaux engagés et de leurs impacts écologiques.**

Ces techniques d'intervention peuvent être classées en deux groupes : le premier concerne la prévention des développements de plantes, le second les traitements curatifs des plantes elles-mêmes (Dutartre, 2002b).

Pour les espèces indigènes, la prévention correspond à des actions sur les biotopes et plus particulièrement sur les paramètres physiques (vitesses de courant, profondeur, lumière incidente, etc.) et physicochimiques (teneurs des eaux en nutriments¹, modifications de salinité dans les zones humides littorales, etc.) favorisant le développement des plantes aquatiques et, dans le cas d'arrivée d'espèces nouvelles, par

1. Ainsi, par exemple, la réduction des apports de phosphore envisagée dans le Vair (Vosges), suite à une prolifération importante d'algues filamenteuses et de potamot pectiné (Peltre *et al.*, 1993).

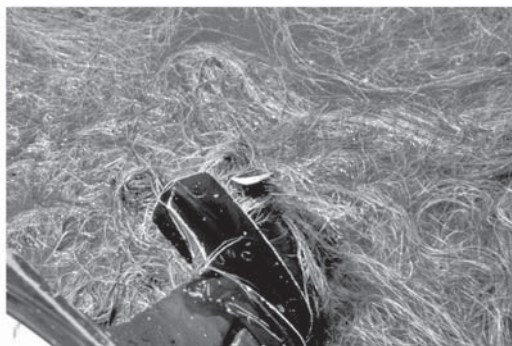
► Photos 1, 2 et 3 – Exemples de situations ou d'usages impliqués.



1) Pêche de loisir
(photo Alain Dutartre).



2) Navigation de plaisance
(photo Marie-Christine Peltre).



3) Enroulement dans les hélices des moteurs
(photo Marie-Christine Peltre).

des interventions sur le commerce des plantes et des interventions précoces dès le début des invasions.

Pour les plantes ornementales faisant l'objet d'un commerce, la prévention passe par la régulation des échanges commerciaux. L'enquête menée par Aboucaya (1999) lui a permis d'établir des listes de plantes exotiques présentant des risques plus ou moins importants vis-à-vis des milieux naturels. La réglementation française dans ce domaine a peu évolué depuis quelques années, mais un arrêté a été pris le 2 mai 2007 qui interdit la commercialisation, l'utilisation et l'introduction dans le milieu naturel de deux espèces de jussie : *Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides* (Journal officiel de la République française, 17 mai 2007). D'autres espèces pourraient prochainement faire l'objet d'arrêtés de même nature.

Les possibilités techniques de régulation des plantes aquatiques sont relativement bien connues et comportent fréquemment des interventions mécaniques mais aussi des interventions manuelles ou des applications d'herbicides (Dutartre, 2002b ; Legrand, 2002 ; Matrat et al., 2004).

Les interventions mécanisées permettent de retirer rapidement des quantités importantes de plantes, soit par arrachage ou par moisson (coupe et récolte simultanées) en pleine eau, soit par simple coupe pour les plantes de bordure des eaux. Curage et dragage peuvent également être utilisés comme moyens de régulation des développements végétaux.

Les interventions manuelles sont réservées à des débuts de colonisation ou à de l'entretien régulier de sites. Elles ont pour grand avantage d'être très spécifiques. La pénibilité de ces travaux manuels doit être prise en compte dans le déroulement des opérations et en particulier dans les opérations de transport sur le site d'extraction après récolte des plantes. Elles ont fait l'objet de diverses critiques lors des premières propositions qui ont été faites (Dutartre et al., 1989), mais sont de plus en plus fréquemment employées dans les sites où la gestion des plantes est régulière.

Ces opérations ont pour conséquence de retirer des quantités plus ou moins importantes de plantes des milieux et il est donc nécessaire d'intégrer le devenir de ces produits dans la filière de traitement. Longtemps négligée, cette phase était généralement résolue sans réflexion d'ensemble par des dépôts dans des sites pro-

ches ou dans des décharges, sans précautions particulières. L'accroissement des quantités de plantes extraites et l'évolution de la réglementation en matière de gestion des déchets verts ont amené à développer diverses expérimentations de recyclage, comme engrais vert ou en compostage.

Les plantes aquatiques immergées contiennent environ 90 % d'eau et très peu de tissus rigides. Aussi, leur dépôt sur des sols agricoles ne pose-t-il aucun problème particulier avant leur incorporation au sol. Il n'en est pas de même pour les plantes amphibies, comme les jussies, aux teneurs en eau plus faibles et dont les tissus des tiges résistent mieux à la dessiccation : leur devenir doit être envisagé plus prudemment.

Toutes ces plantes peuvent être incorporées dans des systèmes de compostage et des expérimentations ont été engagées depuis quelques années sur cette solution de recyclage. Par exemple, une synthèse récente présente les essais réalisés sur les jussies dans l'Ouest de la France (Debril, 2005). De même, des épandages de jussies en zones agricoles ou forestières, avec ou sans broyage, ont été mises en œuvre dans les Landes à partir de 2003 (Dutartre et al., 2005b). À notre connaissance, aucune repousse de jussie n'a été observée dans ces zones choisies hors milieux humides. Une expérimentation réalisée avec la chambre d'agriculture de Meurthe-et-Moselle et le lycée agricole de Courcelles-Chaussy en Lorraine (Peltre et al., 1996) a montré une évolution des teneurs en éléments des potamots du lac de Madine en fonction de la maturité des plantes. Le rapport C/N étant un peu faible pour le compostage, il était judicieux de mélanger ces plantes aquatiques à volume égal avec de la paille ou du fumier, mais seul le mélange avec le fumier donnait un compost correct. Un inconvénient est que, contrairement aux potamots, la période de production du fumier est principalement hivernale et que la période estivale n'est pas favorable au compostage (air trop sec).

Il reste évidemment possible de procéder au brûlage des plantes après séchage ou de les enfouir à proximité des milieux aquatiques traités : ces solutions sont rapides et apparemment faciles à mettre en œuvre, mais elles apparaissent discutables dans un contexte de gestion de l'environnement tourné vers la réduction des impacts des interventions. Par ailleurs, dans certains départe-

2. Matières actives bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché (AMN) au 1^{er} mars 2008.

ments (Landes par exemple), un arrêté préfectoral interdit le brûlage des déchets verts.

L'application d'herbicides pour réguler les développements de plantes aquatiques est un moyen classiquement employé depuis plusieurs décennies. Elle a fait l'objet depuis de nombreuses années de débats et de polémiques portant sur les risques toxicologiques à court et à moyen terme vis-à-vis des organismes non visés par les applications, mais aussi sur des risques indirects tels que, par exemple, la désoxygénation des eaux lors de la dégradation des plantes touchées. La tendance actuelle² est à la réduction de leur emploi et seulement quelques produits commerciaux, basés sur deux molécules herbicides (dichlobénil et glyphosate – sel d'iso propylamine), sont encore homologués pour la « destruction » des plantes aquatiques ou semi-aquatiques (voir le site internet <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>), alors qu'en 2001, cinq molécules actives, déclinées en neuf produits commerciaux, étaient encore autorisées (Dutartre, 2002b).

Réservée aux milieux stagnants ou à très faible courant, cette technique présente une certaine efficacité mais doit être appliquée après analyse des impacts prévisibles dans le site. Elle peut être utilisée seule ou dans un cadre de traitements combinés comme dans le cas des opérations de gestion engagées, dans un cadre expérimental, dans le Marais Poitevin par l'Institution interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN, 2004). Cette technique n'est plus utilisée depuis 2005 dans le Marais Poitevin.

Enfin, même si des possibilités de contrôle « biologique » des plantes aquatiques, utilisant des consommateurs ou des pathogènes spécifiques, font l'objet de recherches au niveau mondial, aucune application pratique n'a actuellement cours en France. Des herbivores non spécifiques peuvent contribuer à réduire certaines colonisations végétales, par exemple du pâturage extensif par des bovins des plantes émergées ou amphibiens dans certaines zones humides. La carpe chinoise (*Ctenopharyngodon idella* Val.), poisson herbivore exotique, a souvent été évoquée comme un moyen efficace. Mais ses choix alimentaires et les impacts négatifs quelquefois importants de sa consommation de plantes sur l'écologie des écosystèmes traités doivent être pris en compte (Dutartre, 2002b). Depuis la mise en application de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de décembre 2006, leur introduction est d'ailleurs totalement interdite en France.

Exemples de régulation des populations de plantes indigènes jugées nuisibles

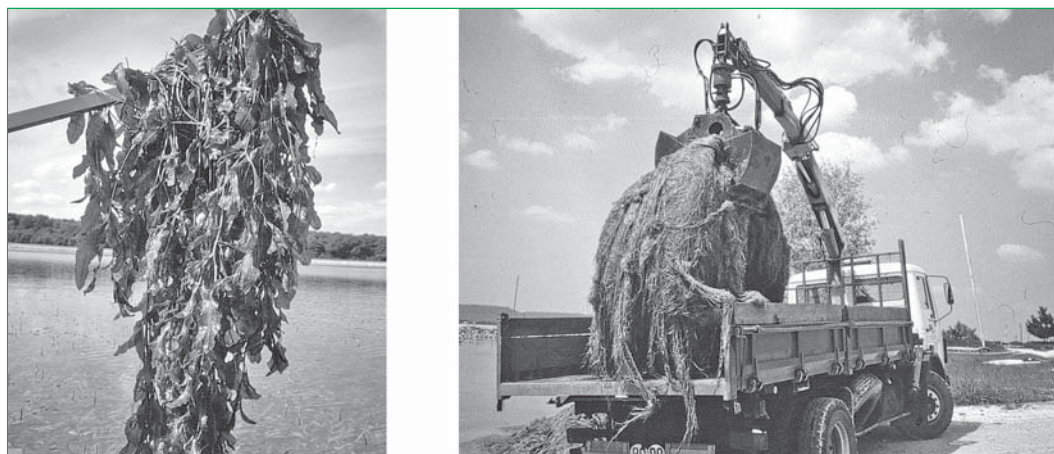
Les proliférations de plantes indigènes sont généralement localisées et sont la plupart du temps des conséquences de modifications d'un ou plusieurs paramètres physiques et/ou physicochimiques des biotopes concernés, telles que création de barrages ou de seuils, régulation des débits, apports de nutriments ou de matières organiques, accumulation de sédiments, etc. Dans beaucoup de cas, elles sont le fait de plantes à fleurs (phanérogames), dont le cycle biologique annuel leur donne une certaine permanence dans le milieu, mais des développements plus éphémères d'algues filamenteuses peuvent également se produire, souvent en fin d'été dans des cours d'eau où les débits sont relativement réduits à cette période de l'année : ces développements sont généralement d'une durée trop courte pour qu'il soit nécessaire de mettre en place des moyens de les réduire.

Les potamots de la retenue de Madine (Meuse)

La retenue de Madine a été créée en 1970 pour constituer une réserve d'eau potable pour la communauté urbaine de Metz. Son exploitation touristique ultérieure par un syndicat mixte en a fait une base de loisirs très fréquentée au niveau régional. D'une superficie originelle de 470 ha, cette retenue est passée à 1 100 ha en 1980. À la suite de cette modification du plan d'eau, des développements de deux espèces de potamots (*Potamogeton pectinatus* et *P. lucens*) se sont produits et ont progressivement causé d'importantes nuisances : venant affleurer la surface (*P. lucens* possède également des feuilles flottantes), ces deux espèces gênaient fortement la pratique des sports nautiques dans la zone de la retenue réservée à ces activités (photos 4 et 5). Ces deux espèces immergées sont assez communes dans les plans d'eau de la région et *P. pectinatus*, apparue en second, a présenté de très fortes capacités de colonisation de la retenue et a constitué ensuite la majeure partie de la biomasse présente.

Des travaux de faucardage (coupe sans récolte simultanée) ont été préalablement entrepris pour tenter de réduire cette colonisation et les nuisances induites (photos 4 et 5).

Une étude commandée par le syndicat mixte de Madine, menée à partir de 1995 par l'université de Metz (Peltre *et al.*, 1995a), a permis



◀ Photos 4 et 5 – À gauche : arrachage de potamogeton et à droite : chantier d'évacuation (photos : Marie-Christine Peltre)

de préciser les cycles de développement et les paramètres de répartition des plantes dans la retenue et de réaliser une évaluation des biomasses végétales présentes. En 1995, environ 62 ha, dont près de 20 ha d'herbiers affleurants, étaient colonisés sur les 400 ha de la « zone sportive » de la retenue, à des profondeurs inférieures à 3 m. Les biomasses totales étaient comprises entre 70 et 140 tonnes de poids frais par hectare, soit, sachant que les plantes aquatiques immergées contiennent environ 90 % d'eau, des biomasses sèches de 700 à 1 400 g/m², ce qui correspond à des valeurs très élevées, dans lesquelles 85 à 90 % étaient constituées de *P. pectinatus*. Des propositions de gestion ont été formulées en 1995 au sein du comité de pilotage mis en place, afin de préciser les dates et la fréquence des interventions (soit avant la floraison de la fin de printemps et en deux moissons successives), le choix des zones d'intervention et la nature du matériel à mettre en œuvre, en l'occurrence le recours à un bateau moissonneur permettant coupe et récolte simultanée (Peltre et al., 1995b).

Le suivi de 1999 (Peltre et al., 1999) a permis de repérer la présence d'autres espèces aquatiques indigènes, dont le myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), et une espèce exotique à caractère envahissant, l'élodée de Nuttall (*Elodea nuttallii*). Les superficies colonisées et les biomasses présentes sont restées dans les mêmes ordres de grandeur et une seule moisson, avec amélioration de la profondeur de coupe, semblait être suffisamment efficace pour satisfaire les besoins d'utilisation estivale de la zone sportive.

Depuis cette période, à notre connaissance, aucune étude n'a été menée pour actualiser les connaissances sur la gestion des plantes aquatiques dans cette retenue, mais les travaux de moisson sont régulièrement réalisés et semblent donner satisfaction aux gestionnaires du site. La superficie moissonnée annuellement est d'environ 70 ha, les plantes coupées sont évacuées par camion vers une aire de stockage. Les coûts des travaux d'environ 30 000 euros par an (Bergot, communication personnelle) sont partagés entre le syndicat mixte qui gère le plan d'eau et la ville de Metz.

Les renoncules d'Entraigues-sur-Truyère (Aveyron)

L'herbier de renoncules d'Entraigues-sur-Truyère (photo 6), qui se développe à l'aval du barrage EDF³ de Cambeyrac, est constitué presque exclusivement par une espèce assez commune dans les rivières (*Ranunculus penicillatus*). Jugé comme une nuisance par la commune depuis les années soixante, cet herbier s'est rapidement développé pour atteindre une superficie d'environ six hectares et s'est maintenu depuis dans le même site.

La présence de cet important herbier dans cette partie du cours de la rivière est à relier à la construction des barrages de production hydro-électrique sur la Truyère. La régulation des débits permise par les retenues a contribué à limiter les crues naturelles les plus importantes, capables de remanier périodiquement les sédiments du cours d'eau. Cette stabilité des sédiments a permis aux renoncules de s'implanter dans cette zone où

3. Électricité de France.



▲ Photo 6 – L’herbier de renoncules d’Entraygues-sur-Truyère (photo : Alain Dutartre).

les profondeurs et les vitesses de courant leur sont favorables (Rebillard *et al.*, 2003), avec des biomasses sèches proches de 300 g/m².

Les réactions négatives des usagers et des touristes à cette forte occupation végétale du site ont amené la municipalité d’Entraygues à commander, avec l’aide de l’agence de l’eau Adour-Garonne, une expérimentation de régulation de cet herbier.

Deux techniques ont été testées en 2002. L’une a consisté en un arrachage des plantes sur environ 1,5 ha à l’aide d’un engin flottant muni d’un bras télescopique terminé par un râteau. La seconde a comporté un remaniement des sédiments au moyen d’une pelle mécanique, sur une profondeur d’environ 50 cm de façon à déraciner les renoncules. Cette opération a été suivie par un lâcher d’eau nocturne d’une heure à partir du barrage EDF de Cambeyrac, supposé éliminer les sédiments fins remis en suspension par les travaux dans cette zone. Cette technique a été testée sur deux placettes distinctes de 1 000 m², à deux périodes différentes de l’année afin d’apprécier son efficacité en fonction du stade de développement des plantes. Un suivi du transport des sédiments a montré que les particules remises en suspension par les travaux se déposaient en quelques centaines de mètres vers l’aval et ne présentaient pas de risques particuliers pour l’aval du cours d’eau (Rebillard *et al.*, 2003). Les suivis réalisés entre 2003 et 2005 montrent une recolonisation assez rapide par les renoncules des

deux zones expérimentales, avec des biomasses sèches en 2004 d’environ 50 g/m² significativement inférieures aux biomasses des zones non traitées, et en 2005 du même ordre dans toutes les zones. L’efficacité dans le temps de ces interventions reste donc réduite à trois années, mais un des acquis indirects de cette intervention est que le regard des habitants sur cet herbier a changé, que des efforts d’information ont été mis en œuvre sur le site et, qu’à notre connaissance, la demande de régulation de cet herbier ne s’est pas répétée.

Les lentilles d’eau du Marais Poitevin

Les conditions hydrologiques estivales très particulières du Marais Poitevin (absence de courant, succession de biefs) sont très favorables aux développements de plantes aquatiques. Les premières plantes apparues de manière régulière sont les lentilles d’eau. Une première demande concernant leur gestion avait été faite en 1979 (Dutartre et Massé, 1979) par la Fédération de pêche des Deux-Sèvres et la direction départementale de l’Agriculture de la Vendée mais, à notre connaissance, aucune intervention de gestion n’avait été entreprise à cette époque.

La création en 1987 de l’Institution interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN), établissement public issu des trois départements concernés par le Marais Poitevin (de l’amont vers l’aval : Deux-Sèvres, Vendée et Charente-Maritime), a permis de mettre en œuvre des interventions assurant le maintien des fonctions majeures des réseaux hydrauliques de ce bassin versant, dont la régulation des développements végétaux (lentilles d’eau, plantes immergées diverses, jus-sies), pour limiter les nuisances induites par ces plantes sur les usages du marais.

En ce qui concerne les lentilles d’eau, des interventions sont annuellement mises en œuvre depuis 1992 (IIBSN, 2007). Elles comportent un piégeage des plantes flottantes à l’aide de filets flottants installés dans une dizaine de sites (en aval de barrages hydrauliques) pour un linéaire total de protection du recouvrement par ces végétaux de 120 km de voie d’eau. Ces pièges permettent d’accumuler les lentilles d’eau pour les récolter à l’aide d’un bateau moissonneur équipé de tapis roulants puis de les extraire du milieu aquatique (photos 7 et 8).

Les lentilles d’eau sont ensuite déchargées dans des camions et transportées sur des terres agrico-



◀ Photos 7 et 8 – Lentilles dans le Marais Poitevin (à gauche, photo : Alain Dutartre) et chantier de ramassage (à droite, photo : Nicolas Pipet).

les où elles sont utilisées comme « engrais vert ». Les tonnages extraits (en poids frais) sont très variables d'une année à l'autre, avec des valeurs extrêmes de l'ordre de 200 tonnes en 1998 et de 3 200 tonnes en 2005, pour une valeur moyenne de 1 650 tonnes (1992-2006). Cette importante variabilité est en lien direct avec les variations interannuelles de la pluviométrie et des températures printanières et estivales sur le Marais Poitevin (Nicolas Pipet, communication personnelle).

Les espèces de lentilles d'eau présentes appartiennent à trois genres (*Lemna*, *Spirodela* et *Wolffia*), et les analyses réalisées en 2006 et 2007 (IIBSN, 2007a) ont montré la grande abondance dans ces peuplements de *Lemna minuta*, espèce exotique de petite taille dont la dynamique d'extension sur le territoire national est importante (Muller et al., 2004).

Cas particulier des espèces exotiques envahissantes

Une des différences importantes entre les espèces exotiques et les espèces indigènes est leur dynamique rapide d'extension géographique. Cette extension est un élément particulièrement important à intégrer lors du déroulement ultérieur des opérations, au moment où l'analyse de la situation est réalisée par un des partenaires potentiels de cette gestion (les gestionnaires eux-mêmes, les usagers, les organismes associatifs ou publics ayant à intervenir sur les milieux concernés) avant de déboucher sur une prévision d'intervention.

Elle conditionne en effet une très grande partie des modalités d'organisation des interventions ultérieures. Elle peut évidemment correspondre à une vaste gamme de situation, mais trois stades « significatifs » d'invasion peuvent être identifiés.

Le stade 1 « invasion possible »

Il s'agit d'un stade où une invasion est possible mais pas encore effectivement débutée, ce que Aboucaya (1999) fait correspondre à sa liste 3 (« Liste d'attente ou d'observation »). C'est le cas d'espèces observées de manière sporadique, ne se maintenant pas dans les sites où elles sont introduites, mais dont les capacités en tant qu'envahisseurs sont déjà connues dans d'autres régions du monde. Un exemple est celui de *Pistia stratiotes*, la laitue d'eau, une plante ornementale flottante observée depuis quelques années de manière très dispersée dans l'Ouest et le Sud-Ouest (photo 9). Cette espèce craint le gel et ne se maintient pas en hiver dans les conditions climatiques actuelles, mais elle est capable de forts développements dans des conditions favorables de température. Par exemple, à la fin de l'automne 2003, plusieurs centaines de mètres de la Jalle de Blanquefort,

▼ Photo 9 – *Pistia* dans le marais de Bruges (Gironde) – Photo : Alain Dutartre.



cours d'eau péri-urbain au nord de l'agglomération bordelaise, étaient couverts par cette plante dont la biomasse sèche mesurée était de l'ordre de 400 g/m², soit environ la moitié des biomasses maximales produites en Afrique par cette plante tropicale. Ce développement ponctuel fut sans doute une conséquence directe de la canicule de 2003 et ne s'est pas reproduit depuis.

Dans ce cas, la prévention peut être relativement efficace, comme par exemple l'interdiction du commerce de cette espèce, mais des interventions d'urgence localisées aux sites d'apparition, dans l'objectif d'une éradication (disparition définitive de l'espèce), pourraient également réduire les risques d'installation définitive.

Le stade 2 « début d'invasion »

Ce stade correspondrait à une invasion déjà débutée mais présentant une extension réduite (géographique, type de milieu, etc.). L'espèce est identifiée comme envahissante et présente une extension réduite dans le territoire (cf. liste 2 de Aboucaya, 1999, « Espèces invasives potentielles, à surveiller attentivement »). Une éradication peut encore éventuellement être tentée, sous réserve que la localisation de l'espèce soit la plus exhaustive possible et que des interventions complémentaires de prévention soient mises en place pour éviter son retour. Un tel exemple est celui de *Hydrocotyle ranunculoïdes*, l'hydrocotyle fausse renoncule. Cette espèce amphibie originaire du continent nord-américain est en cours d'installation dans le Nord-Ouest de la France (données du Conservatoire botanique de Bailleul) et en Ile-de-France. Elle est déjà bien installée en Belgique (Denys *et al.*, 2004) et y fait partie de la liste noire des espèces non indigènes (*Belgian Forum on Invasive Species*, 2006). Elle est également jugée comme une espèce envahissante prioritaire en France métropolitaine (Ehret, 2006).

Le stade 3 « invasion avérée »

Ce niveau correspond à une invasion déjà largement distribuée. Dans ce cas, l'espèce cause des nuisances notables dans de nombreux sites répartis sur un vaste territoire et son éradication est impossible (liste 1 de Aboucaya, 1999, « Espèces invasives avérées »). Seule une régulation reste envisageable, c'est-à-dire la mise en œuvre d'interventions permettant de réduire ses populations à des niveaux où les nuisances qu'elles causent deviennent soit non significatives, soit acceptables, par exemple, par les usagers des

milieux. Cela revient à « vivre avec » l'invasion en la gérant de manière continue. Ces interventions devraient, dans l'idéal, concerner tous les sites colonisés où la dynamique d'extension de l'espèce envahissante est continue, et être adaptées à l'ampleur des colonisations constatées. Elles devraient aussi s'appliquer de manière permanente pour maintenir cette situation régulée. Un exemple maintenant bien connu est celui des jussies, plantes amphibies dont les deux espèces largement répandue sur le territoire métropolitain (*Ludwigia grandiflora* et *L. peploides*) font déjà l'objet de nombreuses interventions dans le Sud-Ouest et l'Ouest de la France (Dutartre, 2002 ; Dutartre *et al.*, 2005b), mais plusieurs espèces immergées de la famille des élodées (Hydrocharitaceae) sont également sources de nombreuses nuisances, comme par exemple *Lagarosiphon major* ou *Egeria densa* (Muller *et al.*, 2004 ; Dutartre *et al.*, 2005b).

La mise en œuvre d'interventions de régulation

La mise en œuvre d'interventions de régulation ne présente pas de caractéristiques spécifiques liées à leur caractère exotique : les mêmes possibilités techniques sont envisageables. Trois retours d'expérience sont donnés à titre d'exemple.

LES JUSSIES DANS LE MARAIS POITEVIN

Les premières observations des jussies (*Ludwigia* sp.) dans les voies d'eau principales du Marais Poitevin datent de 1991 (Pipet, 1995). La rapidité de la dispersion de cette plante dans ce site a amené l'IIBSN à intervenir dès 1994 sur les zones colonisées, avec pour objectifs la prévention des phénomènes d'envasement de la zone, la préservation des usages et des loisirs (navigation, pêche), la restauration de conditions physicochimiques plus favorables (oxygénation, teneurs en substances nutritives...) et le maintien des valeurs paysagères et de la biodiversité des milieux.

Une cartographie des herbiers sur les linéaires de rives a été mise en œuvre dès le début des interventions de gestion pour le repérage des zones colonisées et, par sa répétition annuelle, pour faciliter l'évaluation de l'efficacité des travaux engagés en estimant les superficies de jussies réapparues après travaux.

Des protocoles d'évaluation de l'efficacité de diverses techniques ont été mis en place dans un cadre expérimental de 1994 à 1998. Trois

techniques (application d'herbicide, arrachage mécanique et enlèvement manuel), utilisées seules ou combinées, ont été testées à différentes échelles et ont permis, à partir de 1999, d'élaborer un plan de gestion à l'échelle du territoire (15 000 ha). Il s'agissait de mettre en œuvre des interventions adaptées au niveau de colonisation. Sur les sites présentant une prolifération modérée, aujourd'hui maîtrisée, un entretien manuel a été privilégié. Il consiste en un arrachage des petits herbiers en début de développement (mai, juin) et en un second passage en fin de cycle de développement des plantes sur les herbiers qui ont réapparu (septembre, octobre). Cette phase d'entretien manuel (photo 10) a pour objectifs d'arrêter la dynamique d'occupation de l'espace par les jussies, de protéger les cours d'eau sur leur cours aval des apports de boutures viables et de privilégier l'application d'une méthode douce. Sur les sites fortement colonisés correspondant à une « situation de crise », une application de méthodes combinées est privilégiée (mécanique + manuel). Ces sites font l'objet l'année suivante d'un entretien manuel. Plusieurs matériels peuvent être utilisés pour les interventions mécaniques (pelle hydraulique avec godet adapté, barge ou camion avec pince à végétaux), répondant chacun à des conditions de milieu et de développement végétal particuliers.



Ils permettent de récolter rapidement une biomasse végétale importante. Une finition manuelle est toujours réalisée en complément de cet arrachage mécanique et la mise en place de filets flottants permet de récolter facilement les boutures qui pourraient être transportées par le courant.

▲ Photo 10 – Arrachage manuel de jussies dans le marais poitevin (photo : Nicolas Pipet, IIBSN).



◀ Photos 11, 12 et 13 – Arrachage mécanique de jussies (photos : Alain Dutartre).



Les premières années, les plantes extraites ont été mises en décharge avant que la législation sur les déchets ne soit modifiée. Elles sont actuellement transportées sur des secteurs agricoles hors zone humide et broyées avant d'être incorporées au sol par labourage.

Une analyse chronologique des résultats de cette gestion démontre que la régularité des travaux a permis de réguler les développements de cette plante dans le Marais Poitevin (Dutarte, 2004). En effet, si les tonnages de plantes extraites ont très fortement augmenté jusqu'en 1998, pour atteindre cette année là environ mille tonnes de plantes fraîches, ils ont ensuite régulièrement diminué pour rester à une valeur inférieure à une centaine de tonnes à partir de 2003. Deux paramètres quantitatifs d'analyse de ces travaux illustrent bien cette réussite :

- les linéaires de rives entretenues par l'IIBSN ont passés de quelques kilomètres en 1994 à plus de mille en 2007, avec une augmentation annuelle relativement régulière ;

- le nombre de jours de travail consacrés à ces travaux a très fortement augmenté jusqu'en 2000 pour atteindre environ 1 200 jours et a ensuite peu évolué, restant de l'ordre de 1 400 jours en 2006 (IIBSN, 2007b). Une équipe de douze saisonniers est engagée chaque année pendant six mois pour réaliser ces travaux, sous la direction d'un agent permanent de l'IIBSN.

Le coût de ces travaux est important. Il a été, par exemple, d'environ 210 000 euros (hors

investissements) en 2007, ce qui reste toutefois à l'échelle de la dimension géographique et des enjeux humains du site.

LES ÉLODÉES EN LORRAINE

Une forte prolifération d'élodées, dont *Elodea canadensis* (Michaux) espèce dominante et de *E. nuttallii* St John, est observée depuis 2003 sur le plan d'eau artificiel de Celles-sur-Plaine, situé dans le massif vosgien du Sud. Concession EDF de trente-neuf hectares mise en eau en 1983, il se caractérise par un marnage fréquent (parfois journalier) et important. De plus, il est soumis à un fort phénomène d'ensablement et de sédimentation. Le développement et l'extension très rapide de ces herbiers est à l'origine de nuisances vis-à-vis des activités nautiques récréatives organisées sur ce plan d'eau. Face au manque de connaissances sur le cycle de développement de ces plantes, l'urgence de la situation, et l'absence de recul sur les risques liés à une gestion inappropriée du site, un comité de pilotage a été constitué en 2006. Plusieurs propositions d'actions ont été définies en son sein, avec un accompagnement de l'université de Metz (Thiebaut et Peltre, 2007). Après analyse et comparaison des techniques de gestion des végétaux proliférants, une entreprise a été retenue pour réaliser une moisson des végétaux sur la zone sportive (photo 14). Parallèlement, une expérience d'arrachage manuel a été réalisée sur une petite zone test. Un suivi du cycle de développement des élodées a été mis en place.

Une très faible diversité de macrophytes est observée sur le plan d'eau. La majorité des végétaux présents sont des élodées, qui colonisent une bonne partie du plan d'eau, et des algues (*Spirogyra* sp.). Les valeurs de biomasses des élodées sont variables selon les secteurs et les moyennes mesurées restent moyennes à élevées entre juillet et octobre, entre 400 et 670 g/m² en poids sec. L'intervention de moisson a duré neuf jours début juillet 2006 et a permis d'extraire environ 300 m³ de végétaux sur une douzaine d'hectares, avec un coût de vingt mille euros. Un suivi de la repousse des végétaux de juillet à octobre, montre seulement 50 % de repousse sur les zones traitées (un peu moins sur la zone d'arrachage, 37 %) par rapport aux zones témoins.

Le bilan de cette opération montre l'efficacité saisonnière de la moisson pour la pratique des activités nautiques. L'arrachage manuel est plus efficace, mais difficile à appliquer sur de larges zones et demande une main-d'œuvre consé-

▼ Photo 14 – Arrachage mécanique d'élodées sur le plan d'eau de Celles-sur-Plaine (photo : Gabrielle Thiebaut).



quente. Une autre solution moins onéreuse, mais plus complexe en ce qui concerne la gestion des niveaux d'eau, serait de tester l'impact du gel sur ces végétaux, moyennant une vidange partielle du plan d'eau au moment adéquat, ce qui n'est pas simple à mettre en place en terme de gestion du site.

Une étude expérimentale d'arrachage manuel d'*Elodea nuttallii* a été réalisée sur le Falkensteinbach, cours d'eau des Vosges du Nord, au cours de trois expérimentations de 2003 à 2005 (Di Nino et al., 2005). Elle a permis de mettre en évidence l'effet positif de l'arrachage, qui se traduit par une réduction considérable de la productivité des élodées et par le maintien d'une faible colonisation du site par *E. nuttallii* au cours de la saison de croissance végétative. En 2007, les espèces indigènes telles *Callitriche platycarpa* ou *Ranunculus peltatus* ont colonisé partiellement les sites préalablement envahis par *E. nuttallii*.

LE LAGAROSIPHON DANS L'ÉTANG BLANC (LANDES)

La colonisation par le lagarosiphon (*Lagarosiphon major*) de l'Étang Blanc (sud du département des Landes) est une des plus importantes recensées dans les plans d'eau du littoral aquitain (Dutartre et al., 1989).

Développée en herbiers très denses sur plus de quatre-vingt hectares, cette plante immergée occupe toute la lame d'eau de cet étang d'une superficie de cent quatre-vingt hectares où la profondeur ne dépasse pas deux mètres. Repérée au milieu des années quatre-vingt, elle a rapidement colonisé la zone Ouest du plan d'eau aux sédiments vaseux riches en matières organiques et en nutriments, gênant très fortement les usages du plan d'eau, tels que la pêche, la chasse au gibier d'eau et la voile.

Après des tests et des essais de matériel en 1988 et 1989, la technique de la moisson (c'est-à-dire coupe et récolte simultanée des plantes) a été adoptée dès 1990 (photo 15).

Ces interventions annuelles réalisées en fin de printemps (mai et juin) ont pour objectif de dégager une zone dépourvue de plantes aquatiques vers le centre du plan d'eau et de favoriser l'accès à la zone Est non colonisée pour satisfaire les usagers.

Les superficies moissonnées sont d'environ quarante hectares et la densité des plantes extraites



◀ Photo 15 – Bateau « moissonneur » de lagarosiphon sur l'Étang Blanc (Landes) – Photo : Lionel Fournier (conseil général des Landes).

est de l'ordre de 280 m³/ha, avec des valeurs extrêmes d'environ 220 en 1991 et 360 en 1993, ce qui représente des volumes annuels de plantes fraîches de l'ordre de 10 000 à 11 000 m³ (Dutartre et al., 2005b). Ces interventions de moisson ne semblent pas affecter la production de biomasse : aucune évolution n'est visible, ni régression ni progression des tonnages extraits. Les biomasses mesurées dans cette zone sont de l'ordre de 1 kg de matières sèches par m² (Dutartre et Oyarzabal, 1993), ce qui correspond à une valeur élevée pour des plantes immergées.

Des recherches d'optimisation technique et de réduction des coûts ont été engagées dès le début de ces travaux. Elles ont principalement porté sur la filière de matériel permettant d'accélérer l'enlèvement du plan d'eau des plantes moissonnées. Le bateau moissonneur actuellement utilisé est de grande taille : dépassant trois mètres de largeur sur sept à huit mètres de longueur, il est bien adapté à ce milieu peu profond et aux sédiments fluides. Afin de faciliter le transport des plantes extraites vers le site de stockage, un quai a été construit sur une partie de rive du plan d'eau à proximité d'une route.

Les plantes extraites sont transportées sur un site proche de l'étang et stockées en tas ; le séchage de ces plantes (teneur en eau de l'ordre de 90 %) permet de réduire fortement le volume des tas et les produits de cette forme de compostage sont utilisés par divers habitants des environs sans risque de bouturage vu le caractère hydrophyte de la plante.

Le coût élevé d'une telle opération (par exemple, 76 000 euros TTC⁴ en 2005) et sa nécessaire répétition annuelle, avaient fait l'objet de différentes questions et critiques lors de sa mise en œuvre dans les années quatre-vingt-dix. Les analyses

4. Toutes taxes comprises.

des possibilités techniques de régulation de cette plante avaient bien montré que cette moisson était le seul mode d'intervention envisageable dans un contexte multi-usages tel que celui de ce plan d'eau. À l'heure actuelle, aucune évolution dans les connaissances sur l'écologie de cette espèce ou les techniques de gestion disponibles ne permettent de proposer une autre possibilité d'intervention.

Bilan et perspectives

Des interventions déjà en œuvre

Jusqu'à présent, dans la plupart des cas, les interventions de gestion recensées concernent des occupations très importantes de sites par les plantes.

L'évaluation des nuisances, au sens de gêne aux usages, qui a conduit à ces interventions, est généralement le fait des usagers ou des gestionnaires. La décision d'intervention se produit généralement lorsque ces nuisances sont jugées incompatibles avec la poursuite des usages des milieux concernés. Les interventions concrètes mises alors en œuvre concernent seulement le territoire administré par le gestionnaire. Dans le cas des espèces exotiques envahissantes, ce territoire ne correspond pas nécessairement à l'échelle de l'invasion à gérer, ce qui entraîne de fait une gestion spatiale incomplète de l'espèce.

Des besoins permanents de cartographie

Un des préalables indispensables à toute activité de gestion est évidemment la localisation géographique des difficultés à résoudre. L'échelle de cartographie doit être adaptée aux objectifs de cette gestion et/ou du gestionnaire. En effet, selon les besoins, la carte à produire peut être à différentes échelles, depuis l'ensemble du territoire national (Muller *et al.*, 2004) jusqu'au site sur lequel une intervention est décidée, quelle que soit sa superficie.

Par ailleurs cette cartographie peut comporter divers niveaux de précision, le plus simple étant « présence-absence » d'une espèce, d'autres comportant des indications plus complètes de l'abondance de cette espèce ou de la densité de sa colonisation.

En ce qui concerne la cartographie de sites très localisés ou de zones de plantes d'un seul tenant, par exemple la zone de renoncules d'Entraygues-

sur-Truyère, une information souvent considérée comme suffisante est l'indication des limites des herbiers, car elle permet de positionner les zones d'éventuelles interventions. Toutefois, dès lors que la colonisation est discontinue, la carte à élaborer doit rendre compte de la dispersion des plantes et donner une indication quantitative (abondance, densité, superficie, etc.) par unité géographiquement différenciée sur le site. C'est par exemple ce qui a été réalisé pour la cartographie des herbiers de potamots de la retenue de Madine (Peltre *et al.*, 1995 a-b ; 1999) où une zonation selon les densités des herbiers était identifiée (carte 1).

Lors de la recherche des informations de localisation des plantes pour la proposition d'un plan de gestion des plantes aquatiques des plans d'eau du littoral landais (Dutartre *et al.*, 1989), les repérages des plantes sur les linéaires de rives ont été réalisés par secteurs positionnés sur carte. Sur chaque secteur d'une longueur identique (50 ou 100 m selon les cas), une liste des plantes observées a été constituée, accompagnée d'un indice d'abondance de chaque plante à l'échelle du secteur (entre 1, très rare et 5, très abondant), ce qui permettait d'identifier les zones de colonisation les plus importantes et donnait des indications sur les choix des sites où les interventions de régulation des plantes étaient à prévoir.

Une méthode similaire a été mise en œuvre par l'IIBSN pour les cartographies annuelles de l'extension des jussies (Pipet, 1995).

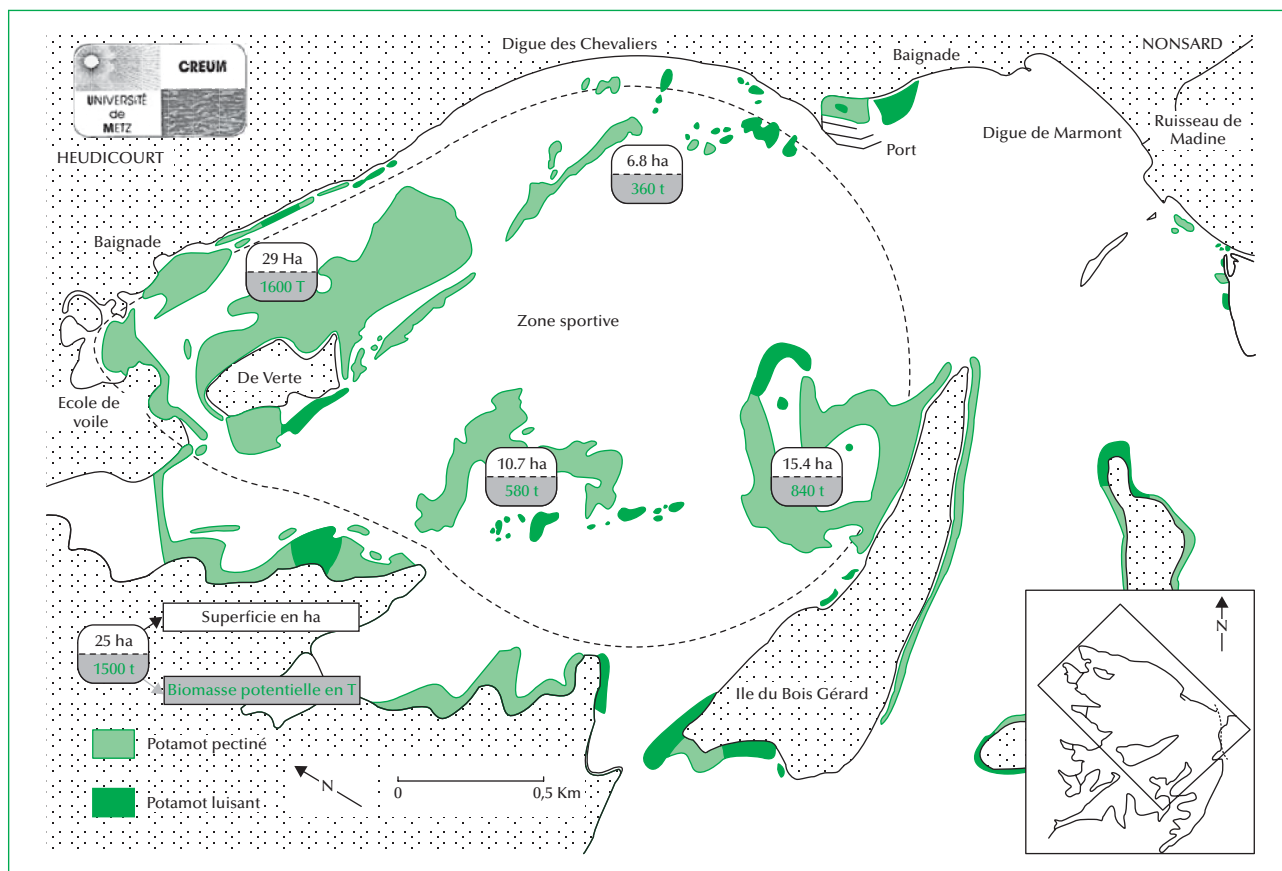
Depuis quelques années, des efforts particuliers ont été mis en place dans différentes régions pour évaluer les dynamiques de colonisation de certaines espèces exotiques envahissantes. La cartographie de ces plantes est un des éléments de base de ces évaluations.

Par exemple, un comité de gestion des plantes aquatiques envahissantes a été créé en 2001 dans la région des Pays de la Loire sous l'égide de la DIREN⁵. Depuis 2001, ce comité régional a produit des cartes de répartition régionale des principales plantes envahissantes⁶.

De même, l'observatoire des plantes envahissantes du département de la Charente, mis en place depuis 2003 sous la coordination de la direction de l'eau et de l'hydrologie du conseil général de la Charente a rassemblé des informations de localisation des jussies sur les cours d'eau du département (Alain Marchegay, conseil général de la Charente, communication personnelle)

5. Direction régionale de l'environnement.

6. Documents consultables en ligne sur http://www.pays-de-loire.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=331



▲ Carte 1 – Exemple de carte de zones de colonisation, retenue de Madine (source : CREUM⁷/Marie-Christine Peltre).

permettant de produire une carte de l'état de la situation en 2006, en localisant les rivières où aucune observation n'a été réalisée, ainsi que les rivières « orphelines » de jussies.

Des initiatives ont été engagées dans d'autres régions et départements, par divers gestionnaires, collectivités territoriales, associations de pêche, sociétés telles que la Compagnie nationale du Rhône ou la Société du canal de Provence, etc., dans la plupart des cas pour satisfaire leurs besoins propres. À l'heure actuelle, aucune compilation des données géographiques disponibles, ni aucune coordination en matière de cartographie n'est à notre connaissance envisagée. Elle pourrait pourtant faciliter de meilleures évaluations des dynamiques de colonisation de certaines plantes, indigènes ou exotiques.

Enfin, une des missions des conservatoires botaniques nationaux pour le compte du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement

durable et de l'Aménagement du territoire, est d'accroître les connaissances sur l'état et l'évolution de la flore sauvage et des habitats naturels et semi-naturels en réalisant des inventaires de terrain. Ces inventaires concernent l'ensemble des habitats et incluent les espèces exotiques. Les conservatoires gèrent également des banques de données issues des inventaires et des données disponibles dans la littérature. La couverture du territoire national par ces conservatoires est en cours d'achèvement⁸.

Des efforts toujours nécessaires

Il reste énormément d'efforts à mettre en œuvre pour améliorer la gestion des plantes aquatiques, qu'elles soient indigènes et colonisatrices de sites limités ou exotiques et largement distribués sur le territoire... Ces efforts sont de natures diverses : scientifique, technique, organisationnel, financier, etc.

7. Centre de recherches écologiques de l'université de Metz.

8. Cf. http://www.ecologie.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=863

Les connaissances scientifiques disponibles sur le fonctionnement des milieux et sur les caractéristiques écologiques de ces espèces **sont encore insuffisantes** pour intervenir avec toutes les assurances de réussite.

Les moyens techniques de gestion disponibles **ne couvrent pas toutes les espèces végétales concernées** et peuvent produire des effets secondaires sur les milieux et les espèces non visées qui les rendent difficiles à mettre en œuvre.

Les logiques d'interventions entre le monde des gestionnaires et celui de la recherche sont encore trop souvent disjointes. La première se caractérise généralement par une **approche pragmatique** et restreinte au territoire du gestionnaire, où la volonté d'agir et de mettre rapidement en œuvre des actions concrètes l'emporte sur celui de l'évaluation préalable du problème et la définition des objectifs des interventions. La seconde s'inscrit dans un « **principe de précaution** » lié aux lacunes dans les connaissances disponibles sur l'écologie des espèces concernées et sur les risques que peuvent présenter les techniques à mettre en œuvre ; cette approche privilégie une approche intégrant un certain nombre de paramètres et de pratiques : évaluation des faits, étude d'impact, etc., dont les éléments écologiques représentent un facteur important (Menozzi et Dutarte, 2007).

Ces deux logiques s'appliquent pour **des durées et dans des échelles géographiques différentes** mais mériteraient de se rapprocher pour améliorer les pratiques nécessaires de gestion. En particulier, certaines demandes urgentes des gestionnaires devraient recevoir des réponses directes au moins partielles des chercheurs, de manière à débiter rapidement des programmes d'intervention. D'un autre côté, les nécessités d'acquisition de nouvelles connaissances dans les domaines de l'écologie des plantes aquatiques et dans l'évaluation des possibilités techniques et de leurs impacts sur les milieux, doivent être prises en compte par les gestionnaires.

Si les perturbations des écosystèmes aquatiques de natures diverses (aménagement, régulation hydraulique ou hydrologique, eutrophisation, interventions régulières destinées à satisfaire un usage particulier du milieu sans considérer les autres usages, etc.) sont fréquemment les causes des proliférations végétales localisées de plantes indigènes, elles sont aussi des facteurs favorisant les invasions de plantes exotiques, rendant les

milieux aquatiques plus accueillants pour ces nouvelles arrivées. De fait, tant que se maintient cet état perturbé, les solutions de régulation restent toutes du domaine de l'intervention sur les plantes elles-mêmes.

De plus, dans certains cas, ces développements végétaux ont notablement modifié le fonctionnement du milieu, ce qui rend encore plus complexe (et éventuellement plus long) un retour aux conditions initiales.

Toutefois, une des possibilités d'évolution des pratiques de gestion pourrait être de faciliter un retour des sites à gérer vers des conditions peu ou non perturbées, en mettant en œuvre conjointement des actions préventives et curatives.

Des difficultés d'évaluation économique

Des interventions coûteuses et répétitives telles que celles-ci rencontrent nécessairement des difficultés de financement. Les moyens financiers indispensables proviennent de sources diverses, la plupart du temps publiques, telles que les organismes gestionnaires eux-mêmes, les collectivités territoriales concernées à des échelles diverses, de la commune à la région, des établissements publics comme les agences de l'eau ou des associations d'utilisateurs. À notre connaissance, dans de rares cas, des aides financières privées sont également mises à contribution ; c'est par exemple le cas de la régulation de lagarosiphon dans l'Étang Blanc, où un centre de vacances privé utilisant le plan d'eau apporte une contribution aux dépenses annuelles engagées.

Un bilan national des dépenses engagées pour ces interventions de gestion reste à faire pour évaluer les efforts déjà engagés dans ce domaine. Une compilation de ces dépenses est par exemple réalisée depuis quelques années pour la région des Pays de la Loire par le comité de gestion des plantes aquatiques envahissantes de cette région (Cf. adresse internet déjà citée). Toutefois, la seule addition des dépenses annuelles ne peut suffire pour évaluer les enjeux économiques de ces opérations : elles en constituent seulement la partie la plus facilement perceptible. Elles ne permettent pas non plus de comparer réellement les méthodes de travaux puisque les caractéristiques de ces méthodes en termes de durée d'efficacité, de nature et d'intensité des impacts induits ne sont pas prises en compte. Des chiffrages des dommages aux usages et aux activités humaines développés sur les milieux

colonisés, des analyses « coût-bénéfice » et « coût-efficacité » des interventions restent à faire pour une « méta-analyse » adéquate en termes d'économie de l'environnement. Même si des évaluations des coûts économiques et environnementaux sont disponibles depuis quelques années, comme par exemple ceux de Pimentel *et al.* (2000, 2005), la bibliographie reste encore peu abondante sur les aspects économiques des invasions biologiques.

Dans le projet consacré aux jussies (*Ludwigia* spp.) du programme INVABIO⁹ (Dutartre *et al.*, 2007), une première tentative d'évaluation économique a été réalisée. Elle s'est appuyée sur une enquête auprès de nombreux gestionnaires, localisés principalement sur la façade atlantique, ayant eu à mettre en œuvre des interventions de régulation des jussies.

Cette enquête a permis une première approche des coûts moyens d'arrachage mécanique et manuel de ces plantes, exprimés en euros par tonne de biomasse fraîche arrachée, soit respectivement 51 à 64 et 1 100 à 1 330 euros/tonne (Million, 2004).

Le modèle coût-bénéfice de Eiswerth et Johnson (2002), qui a servi de base de réflexion dans la partie économique du projet « jussies », est apparu insuffisant pour donner des solutions cohérentes dans le contexte étudié. L'examen des données obtenues dans l'enquête et les réflexions engagées ont toutefois permis de montrer que la solution qui semblait la plus efficace, en termes de dommages et de coûts, semble être le maintien d'un faible niveau de stock des jussies dans les milieux à gérer. Pour y parvenir, il faudrait envisager une réduction importante du stock, si possible mécaniquement, puis un arrachage manuel régulier pour le maintenir à un niveau bas, garantissant des impacts faibles ou négligeables des travaux et un coût total raisonnable. Mais seules des analyses économétriques de coût et de dommages permettraient de confirmer cette hypothèse.

Par exemple, l'intervention de l'IIBSN sur le Marais Poitevin en 2007 a concerné au total 1 017 km de rives, dont 1 012 ont fait l'objet d'un arrachage manuel pour un tonnage total extrait par cette technique de 140 tonnes. L'arrachage manuel, réalisé depuis des embarcations légères sans moteur par du personnel formé, n'a pas d'impact mesurable sur le milieu puisque les autres plantes présentes ne sont pas touchées. Si

l'on reprend les éléments chiffrés, un calcul direct donne donc un coût moyen par tonne extraite d'environ 1 570 euros, ce qui est nettement supérieur à la fourchette calculée par Million (2004). Un autre mode de calcul, ramenant la dépense au linéaire de rive entretenu, donne environ 220 euros par kilomètre. Enfin, si l'on s'intéresse au tonnage en fonction du linéaire, la quantité moyenne de plantes fraîches extraites par kilomètre de rive est d'environ 140 kg : à notre connaissance, aucun engin mécanique actuellement disponible ne peut extraire de si faibles quantités de plantes dispersées dans un tel milieu parmi d'autres plantes aquatiques ne devant pas être arrachées. L'absence d'impact de ces travaux devrait également faire partie de l'analyse globale des coûts économiques et environnementaux de cette opération.

Des impacts encore à évaluer

Enfin, hormis leurs limites d'efficacité, les techniques utilisées présentent des impacts qui sont encore trop rarement pris en compte car généralement ignorés ou sous-estimés, et dans l'idéal, ces impacts devraient également faire partie des éléments de choix techniques. Ces impacts peuvent concerner les communautés végétales et animales du site et contribuer d'une certaine manière à altérer le fonctionnement écologique du milieu. Des évaluations spécifiques de ces impacts sont encore très rares et devraient être développées pour améliorer ces pratiques de gestion.

Par exemple, la moisson des plantes aquatiques s'accompagne d'une capture des poissons vivants dans les zones d'herbiers et engendre donc des pertes dans les peuplements piscicoles des milieux concernés. Une étude a été réalisée sur ce sujet dans le plan d'eau de Noron sur la Sèvre Niortaise à proximité de Niort (Deux-Sèvres) en 2002 et 2003 (Dutartre *et al.*, 2005c). Une partie de ce plan d'eau colonisée par le cornifle (*Ceratophyllum demersum*), plante immergée dont les herbiers denses gênent les loisirs nautiques, fait l'objet de moissons. Le suivi réalisé a montré que la majorité des poissons capturés étaient de l'année mais qu'en terme quantitatif, les quantités prélevées restaient faibles et correspondaient à des impacts faibles voire négligeables sur les populations piscicoles du bief où se trouve le plan d'eau. De plus, les analyses des captures en fonction des caractéristiques des travaux de moisson montraient qu'elles étaient significativement plus faibles dans l'après midi et lorsque

9. Invasions biologiques.

l'engin se déplaçait dans le sens du courant. Des adaptations des travaux selon ces modalités pourraient donc être appliquées dans ce type de milieu pour en réduire les impacts.

Les poissons ne sont évidemment pas les seuls à être capturés par ce type d'engin, et parmi les animaux extraits en même temps que les plantes, se trouvent une très grande partie des populations d'invertébrés (insectes, mollusques, etc.) inféodés aux plantes aquatiques. Dans quelques cas, d'autres vertébrés comme des tortues (cistude d'Europe) ont également été observés.

Les travaux d'arrachages mécaniques engendrent de forts impacts dans les sites traités, dont une pollution mécanique provenant des sédiments remaniés par les engins et des captures de poissons dans les masses végétales retirées, mais, à notre connaissance, aucune étude spécifique n'a été engagée sur ce type de travaux.

En revanche, les impacts des travaux manuels doivent rester nuls ou négligeables car ces interventions sont spécifiques et ont recours à du matériel généralement très léger.

Conclusion

Les besoins de gestion des plantes aquatiques ne peuvent être satisfaits simplement en consultant des guides techniques tels que ceux proposés par Legrand (2002) ou Matrat *et al.* (2004) et en appliquant les techniques qui y sont présentées. Une analyse préalable de la situation à gérer est indispensable dans chaque cas pour permettre la mise en œuvre d'une « recette locale » adaptée. Elle devrait comporter un bilan des connaissances et des choix techniques et organisationnels. Des évaluations d'efficacité et d'impact de ces travaux devraient également être faites ensuite (Dutartre, 2002b). L'absence de cette démarche d'analyse peut engendrer des échecs que l'état des connaissances actuelles et leur disponibilité sur divers médias (dont des sites internet) rendraient maintenant beaucoup moins justifiables qu'auparavant.

La prise en compte progressive de la qualité écologique des écosystèmes par les différentes instances nationales et européennes (l'application de la directive cadre européenne sur l'eau est un très bon exemple des efforts attendus dans ce domaine), doit nécessairement amener à des améliorations dans les pratiques générales de gestion des milieux aquatiques et, de fait, des plantes aquatiques.

Au-delà des aspects purement techniques et des choix à réaliser dans chaque situation, des efforts complémentaires doivent également être réalisés pour mieux intégrer les divers interlocuteurs de cette gestion dans les démarches à entreprendre. Cela nécessite de prendre en compte le fait que tous les acteurs sociaux n'ont pas la même perception de la réalité : habitants, usagers, élus, gestionnaires, techniciens, chercheurs élaborent tous des représentations sociales et culturelles (qu'on peut définir comme étant une forme de connaissance de la réalité) qui leur sont propres et qui complexifient les mises en œuvre concrètes des travaux de régulation.

Enfin, bien qu'elle ne fasse presque jamais explicitement partie des débats et discussions entre ces partenaires, la question de la durée de cette gestion reste toujours posée : jusqu'à quand est-il nécessaire d'intervenir ? En théorie, sous réserve que les besoins des différents acteurs sociaux concernés restent les mêmes, la réponse est que ces interventions restent nécessaires tant que la difficulté subsiste... c'est-à-dire dans un contexte « durable ».

La grande diversité des relations entre les interlocuteurs explique probablement une part de la relative lenteur des avancées dans les modes de gestion des plantes aquatiques. Pour améliorer ces échanges, un dialogue durable entre les différents partenaires est indispensable (création d'un comité de pilotage, informations diverses au public *via* des plaquettes, des conférences...), d'autant que les évolutions des représentations, c'est-à-dire la façon dont sont perçues ces plantes par chacun de ces partenaires, sont concomitantes avec une évolution plus globale de la perception des milieux humides et de leur gestion. Les analyses réalisées dans ce domaine sur la gestion des jussies montrent bien cette nécessité (Dutartre et Menozzi, 2006 ; Menozzi et Dutartre, 2007).

Très variables entre les différents groupes de partenaires, ces représentations peuvent également l'être au sein de chacun des groupes, tant les regards portés sur les techniques utilisées ou sur les situations à gérer sont fortement liés à la formation et la culture des individus. Par exemple, lors de contacts avec une chargée de recherche d'un laboratoire californien participant à la mise en place d'un programme de gestion des jussies (*Ludwigia* spp.) dans la lagune de Santa-Rosa, dans le comté de Sonoma, les informations que nous lui avons transmises sur les possibilités de gestion de

ces plantes par arrachage manuel avaient manifestement créé une certaine surprise. Cette technique ne semblait absolument pas envisageable dans le contexte californien, non pas pour des raisons techniques, mais parce que cela heurtait leur représentation de la situation et des interventions à réaliser : les seules interventions prévues dans le programme étaient des applications de deux molécules herbicides dont le glyphosate (autorisée en France dans deux formulations commerciales homologuées) et une autre molécule non homologuée en France en milieu aquatique.

Par ailleurs, une des causes complémentaires de la relative lenteur des améliorations de la gestion des plantes aquatiques réside dans la difficulté de circulation des informations. Le recours de plus en plus fréquent au réseau internet permet une accélération de ces flux d'informations, mais reste la nécessité de validation de certaines des informations circulantes qui peuvent proposer des recettes généralisées à partir d'exemples très particuliers.

Des groupes de travail sur les questions de gestion des plantes envahissantes se sont constitués soit à l'échelle régionale, comme par exemple dans les Pays de la Loire (déjà cité) ou dans la région Poitou-Charentes, soit à une échelle géographique plus importante, comme le groupe de travail sur les plantes envahissantes constitué en 2002 au sein du bassin Loire-Bretagne¹⁰, dont les activités sont en cours de « décentralisation » régionale pour faciliter les activités et les échanges d'informations. Les initiatives se multiplient donc à différentes échelles et il ne s'agit ici que d'exemples.

D'autres types de projets voient également le jour, pouvant améliorer la qualité et la densité des réseaux d'échanges d'information sur les questions de plantes envahissantes et donc contribuer plus généralement à une meilleure gestion des communautés de plantes aquatiques dans leur ensemble. L'un d'entre eux est en cours de démarrage dans le Bassin Adour-Garonne : il s'agit de la mise à disposition d'un site internet sur les invasions biologiques à l'échelle du Bassin Adour-Garonne où des informations seront fournies sur une soixantaine d'espèces végétales et animales envahissantes¹¹. Une enquête est en cours de lancement auprès de l'ensemble des interlocuteurs potentiels de la gestion des ces espèces. Elle devrait servir à alimenter une base de données permettant d'analyser les processus de colonisation en cours et de contribuer à améliorer la gestion de ces espèces.

Enfin, en complément des informations à diffuser, des efforts importants de formation restent toujours à développer. Des stages de formation continue sont régulièrement organisés sur ce thème par l'ONEMA¹² ; des stages conjoncturels ont été réalisés par le syndicat mixte Géolandes (Landes) en 1991 et 2004, le groupe de travail sur les plantes envahissantes de la région des Pays de la Loire en 2005 et par le CNFPT¹³ de Poitou-Charentes en 2006. Ces formations devraient être multipliées et tournées à la fois vers les techniciens et des interlocuteurs sensibilisés, issus du monde associatif par exemple, pour faciliter la diffusion de ces connaissances vers le grand public. □

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

11. Cf. <http://www.ecolab.ups-tlse.fr/spip.php?rubrique59>

12. Office national de l'eau et des milieux aquatiques, qui remplace le Conseil supérieur de la Pêche (CSP).

13. Centre national de la fonction publique territoriale.

Résumé

Une des difficultés notables de gestion des milieux aquatiques est celle des développements jugés excessifs de plantes aquatiques. Plantes indigènes fortement favorisées par des perturbations environnementales causées par les activités humaines, ou plantes exotiques capables de s'adapter dans de larges gammes de sites, ces végétaux et leur occupation des milieux aquatiques obligent de nombreux gestionnaires à intervenir pour les réguler.

Ces développements végétaux importants (des proliférations...) concernent principalement les plans d'eau et les zones humides. Des exemples provenant de divers sites illustrent la diversité et les besoins d'adaptation des interventions de régulation aux caractéristiques des espèces, des milieux et des activités humaines de ces sites.

En complément des démarches essentielles de gestion préventive permettant de réduire les interventions sur les plantes aquatiques à une stricte nécessité, des efforts continus doivent être réalisés pour améliorer ces pratiques. Ils devraient porter en particulier sur l'évaluation des impacts des interventions, sur une meilleure coordination des actions entreprises, sur une meilleure circulation des informations entre les nombreux partenaires, et sur un renforcement des actions de formation de tous ces acteurs de la gestion des plantes aquatiques.

Abstract

One of the main problems for aquatic environmental management is linked to the excessive important development of some aquatic plants. These plants can be native species favoured by environmental disturbances created by human activities, or exotic ones able to adapt to a large range of sites. Their spreading out in aquatic environments is often requiring a control management.

These prolific growths are mainly concerning lakes and wetlands. Some examples from diverse sites are showing their diversity and the needs of adapting control methods to the characteristics of these species, of water-bodies and human activities of these sites.

To complete the essential steps of preventive management, allowing to reduce the control activities on aquatic plants to what is just necessary, efforts must be carried on to improve these practices. They should especially insist on the assessment of methods impacts, on a best co-ordination of undertaken actions, on a best circulation of information between all the partners, and on a intensification of a training program of all these actors of aquatic plants regulation practices.

Bibliographie

ABOUCAÏA, A., 1999, Premier bilan d'une enquête nationale destinées à identifier les xénophytes invasifs sur le territoire français (Corse comprise), Actes du colloque, Les plantes menacées de France, Brest, 15-17 octobre 1997, *Bull. Soc. Bot. Centre Ouest*, N.S., n° spécial 19, p. 463-482.

BELGIAN FORUM ON INVASIVES SPECIES, 2006, Liste noire et liste grise d'espèces non-indigènes en Belgique. Version 2.3, 4 p., http://rivendell.vub.ac.be/conferences/2006-sos_invasions/doc/SOS_Invasions_docs_-_Black_&_watch_list_Belgium_fr.pdf

DEBRIL, J., 2005, *Gestion des déchets de jussie par le compostage*, ENSA, INRA Rennes, DIREN Pays de la Loire, rapport, 37 p.

DENYS, L., PACKET, J., VAN LANDUYT, W., 2004, Neofyten in het Vlaamse water :signalement van vaste waarden en rijzende sterren, *Natuur focus*, vol. 3, n° 4, p. 120-128.

DI NINO, F.-D., THIÉBAUT, G., MULLER, S., 2005, Response of *Elodea Nuttallii* (Planch.) H. St. John to Manual Harvesting in the North-East of France, *Hydrobiologia*, vol. 551, p. 147-157.

DUTARTRE, A., MASSÉ, J., 1979, *Moyens de contrôle et utilisations possibles des lentilles d'eau*, CTGREF, Note, 7 p.

- DUTARTRE, A., 2002 a, La gestion des jussies en France : état des lieux et perspectives, *in* : *Journées Techniques Nationales « Renouées »*, Besançon, 19-20 juin 2002, p. 14-24.
- DUTARTRE, A., 2002 b, Panorama des modes de gestion des plantes aquatiques : nuisances, usages, techniques et risques induits, *Ingénieries-EAT*, n° 30, p. 29-42.
- DUTARTRE, A., 2004, De la régulation des plantes aquatiques envahissantes à la gestion des hydrosystèmes, *Ingénieries-EAT*, numéro spécial Ingénierie écologique, p. 87-100.
- DUTARTRE, A., DANDELLOT, S., HAURY, J., LAMBERT, E., LE GOFFE, P., MENOZZI, M.-J., 2004, *Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion. Programme de recherche INVABIO*, rapport intermédiaire, 44 p.
- DUTARTRE, A., 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.
- DUTARTRE, A., DELARCHE, A., DULONG, J., 1989, *Végétation aquatique des lacs et étangs landais. Proposition d'un plan de gestion*, Cemagref, Groupement de Bordeaux, Division Qualité des eaux, GERE, Étude n° 38, 121 p.
- DUTARTRE, A., MENOZZI, M.-J., 2005 a, De la gestion des plantes aquatiques envahissantes : intervenir pour quoi, pour qui, avec quelles modalités ? Ou comment agir malgré la variabilité des situations et des enjeux, *in* : *17^e Journées Scientifiques de la Société d'écologie humaine, Colloque international « Incertitude et Environnement, Mesures, Modèles, Gestion »*, Arles, 23-25 novembre 2005, 14 p.
- DUTARTRE, A., OYARZABAL, J., FOURNIER, L., 2005 b, Interventions du Syndicat mixte Géolandes dans la régulation des plantes aquatiques envahissantes des lacs et des étangs du littoral landais, *Aestuaria*, n° 6, p. 79-97.
- DUTARTRE, A., PIPET, N., BACHELIER, E., 2005 c, *Suivi de l'impact de la moisson mécanique des plantes aquatiques sur les populations piscicoles. Synthèses des expérimentations 2002-2003 sur le plan d'eau de Noron (Deux Sèvres)*, 33 p.
- EHRET, P., 2006, Plantes exotiques envahissantes en France métropolitaine. Quelles observations pour quelles interventions ? *in* : *1^{re} Conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles*, Avignon, 11 et 12 octobre 2006, AFPP, 7 p.
- EISWERTH, M.-E., JOHNSON, W.-S., 2002, *Managing non indigenous invasive species : Insights from dynamic analysis*, *Environmental and Resource Economics*, vol. 23, n° 3, p. 319-342.
- IIBSN, 2004, *Opération nettoyage du marais. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise*, rapport, 13 p.
- IIBSN, 2007 a, *Identification, répartition et tests de croissance des lentilles d'eau du Marais Poitevin*, rapport d'étude 2006-2007, rapport, 100 p.
- IIBSN, 2007 b, *Opérations de maîtrise de la végétation aquatique et de rives. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise*, rapport présenté au Conseil d'administration, mars 2007, 14 p.
- LEGRAND, C., 2002, *Pour contrôler la prolifération des jussies (Ludwigia spp.) dans les zones humides méditerranéennes. Guide technique*, Agence méditerranéenne de l'environnement, 68 p.
- MATRAT, R., ANRAS, L., VIENNE, L., HERVOCHON, F., PINEAU, C., BASTIAN, S., DUTARTRE, A., HAURY, J., LAMBERT, E., GILET, H., LACROIX, P., MAMAN, L., 2004, *Guide technique pour la gestion des plantes exotiques envahissantes en cours d'eau et zones humides*, Comité des Pays de la Loire, Nantes, 68 p.
- MENOZZI, M.-J., DUTARTRE, A., 2007, Gestion des plantes envahissantes : limites techniques et innovations socio-techniques appliquées au cas des jussies, *Ingénieries-EAT*, n° 49, p. 49-63.
- MILLION, A., 2004, *Maîtrise des proliférations de Jussie (Ludwigia spp.). Une première analyse économique*, mémoire de fin d'étude, École nationale supérieure d'agronomie de Rennes, spécialisation « Génie de l'environnement », Rennes, 51 p. + annexes.
- MULLER, S. (coord.), 2004, *Plantes invasives en France*, Muséum d'histoire naturelle, Patrimoines naturels, Paris, vol. 62, 168 p.

PELTRE, M.-C., LEGLIZE, L., SALLERON, J.-L., 1993, Végétation fixée et phosphore en petit cours d'eau. Conséquences d'une réduction des apports, *Bull. Fr. Pisc.*, vol. 331, p. 357-371.

PELTRE, M.-C., MULLER, S., LEGLIZE, L., MARTINET, Y., GRITTI, E., STRYJAK, J.-F., ROBIN, F.-X., 1999, *Suivi des proliférations végétales et de leur contrôle sur le site de Madine (année 1999)*, Centre de recherches écologiques de l'université de Metz, rapport, 16 p.

PELTRE, M.-C., PETITDIDIER, D., LEGLIZE, L., MULLER, S., 1995 a, Proliférations macrophytiques sur le plan d'eau de Madine (Meuse). Estimation quantitative et possibilités de gestion, *in : 16^e Conférence du COLUMA, Reims, Ann. ANPP*, III, p. 1401-1409.

PELTRE, M.-C., PETITDIDIER, D., MULLER, S., LEGLIZE, L., ROUSSELLE, P., WAGNER, P., STRYJAK, J.-F., 1995 b, *Étude des proliférations végétales au lac de Madine (avril à octobre 1995)*, Centre de recherches écologiques de l'université de Metz, rapport, 36 p.

PELTRE, M.-C., PETITDIDIER, D., MULLER, S., LEGLIZE, L., 1996, *Suivi des proliférations végétales et de leur contrôle sur le site de Madine, année 1996*, CREUM Metz et Syndicat du Lac de Madine, 10 p. + annexes.

PELTRE, M.-C., DUTARTRE, A., BARBE, J., HAURY, J., MULLER, S., OLLIVIER, M., 2002 a, 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. Pisc.* n° 365-366, p. 259-280.

PELTRE, M.-C., MULLER, S., OLLIVIER, M., DUTARTRE, A., BARBE, J., HAURY, J., TREMOLIERES, M., 2002 b, Les proliférations végétales aquatiques en France : caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices : 1. Bilan d'une synthèse bibliographique, *Bull. Fr. Pisc.*, n° 365-366, p. 237-258.

PIMENTEL, D., LACH, L., ZUNIGA, R., MORRISON, D., 2000, Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States, *BioScience*, n° 50, n° 1, p. 53-65.

PIMENTEL, D., ZUNIGA, R., MORRISON, D., 2005, Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States, *Ecological Economics*, n° 52, p. 273-288.

PIPET, N., 1995, *Maîtrise de la prolifération et valorisation des végétaux flottants et subaquatiques du Marais Poitevin*, mémoire de BTSA Gestion et protection de la nature, IIBSN, 39 p. + annexes.

REBILLARD, J.-P., ROIGNANT, F., FERRONI, J.-M., DUTARTRE, A., 2003, *Travaux expérimentaux sur l'herbier de renoncules aquatiques d'Enraygues-sur-Truyère, Adour-Garonne*, n° 86, 6 p.

THIÉBAUT, G., PELTRE, M.-C., 2006, *Étude des proliférations végétales d'élodées sur le plan d'eau de Celles-sur-Plaine (54). Premier bilan 2006-2007*, rapport d'étude intermédiaire, à la demande du Syndicat mixte d'aménagement des lacs de Pierre-Percée et de la Plaine, 18 p.