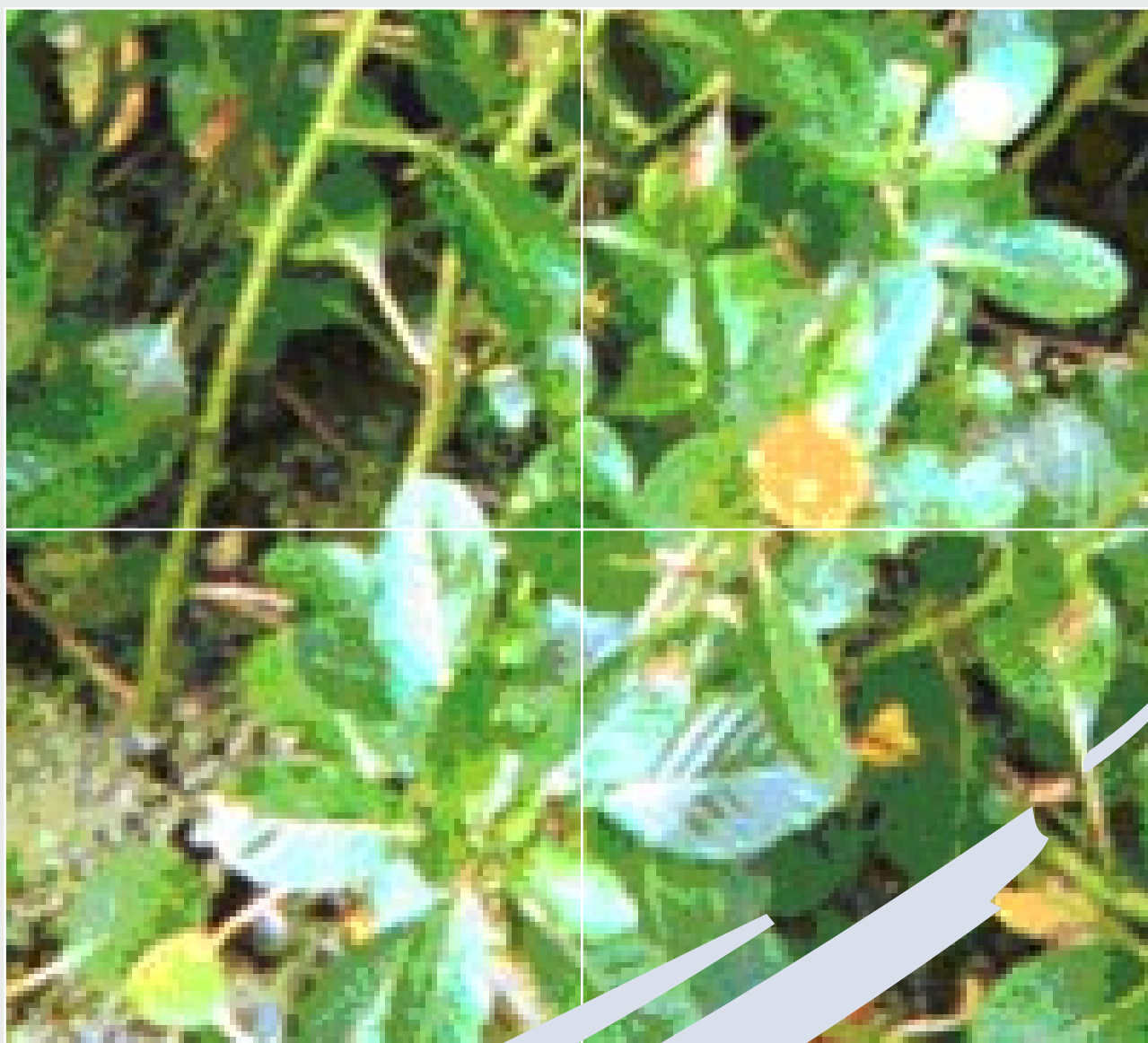


LES ESPÈCES ANIMALES ET VÉGÉTALES SUSCEPTIBLES DE PROLIFÉRER DANS LES MILIEUX AQUATIQUES ET SUBAQUATIQUES

Fiches espèces végétales



INTRODUCTION

Le jeu de fiches descriptives et détaillées des espèces végétales exotiques et indigènes susceptibles de proliférer dans le bassin Artois-Picardie se décompose, pour chaque espèce, en plusieurs rubriques :

- la biologie de l'espèce (description, reproduction et propagation, productivité) ;
- l'origine géographique et modalités d'introduction en France pour les espèces exotiques ;
- la distribution actuelle de l'espèce (en France et dans le bassin Artois-Picardie) ;
- le biotope de l'espèce ;
- les impacts positifs sur le milieu naturel et sur les autres espèces d'une part, sur l'homme et ses activités d'autre part;
- les impacts négatifs sur le milieu naturel et sur les autres espèces d'une part, sur l'homme et ses activités d'autre part;
- régulations naturelles s'il y en a ;
- interventions humaines/méthodes de gestion.

Les espèces présentant des caractéristiques morphologiques, biologiques et/ou écologiques relativement proches telles les hélrophytes, ont été regroupées sur une même fiche.

Crédit photographique : Ludwigia peploides, auteur : Thiphaine Saint-Maxent

LES ESPECES EXOTIQUES

LES ESPECES AQUATIQUES

Les espèces fixées

L'égéria (acclimatée, absente ?)

Egeria densa Planchon, *Elodea densa* (Planchon) Caspary

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Liliopsides
O :	Hydrocharitales
F :	Hydrocharitaceae

BIOLOGIE

Description

Cette plante submergée présente un feuillage dense et des tiges ramifiées, pouvant atteindre plus de 3 m de longueur (Collectif, 1997). *Egeria densa* possède des feuilles **caulinaires**, elle se distingue des élodées et de lagarosiphon par la taille supérieure de ses feuilles (jusqu'à 2,5 à 3 cm de longueur et 0,5 cm de largeur). Ces dernières sont **verticillées** le plus souvent par 4 ; les **verticilles** peuvent comporter de 2 jusqu'à 8 feuilles aux ramifications (Dutartre, 2001). Les tiges sont ramifiées, se divisant en rameaux secondaires (Collectif, 1997).

Le système racinaire de cette espèce peut être relativement important, il est composé de racines filiformes partant de la base des tiges et qui peuvent pénétrer de plusieurs dizaines de cm dans les substrats meubles ; cette caractéristique rend l'égéria très compétitive vis-à-vis des autres espèces d'hydrocharitacées. A chaque **nœud** de la tige sont installées des racines dormantes susceptibles de se développer lorsque, par exemple, l'**apex** de la tige est cassée (Collectif, 1997).

Reproduction et propagation

L'espèce est **dioïque** mais seuls les pieds mâles ont pu être observés en dehors de son aire de répartition d'origine (Collectif, 1997).

En France, *Egeria densa* se reproduit, comme les autres hydrocharitacées submergées exotiques, exclusivement par voie végétative (fragmentation des tiges puis **bouturage** (Collectif, 1997) ; les **diaspores** peuvent subsister longtemps dans les eaux et résister 10 heures à la **dessiccation** (Dutartre, 2001).

La floraison intervient généralement à la suite de l'arrivée des tiges feuillées jusqu'en surface ; certains auteurs la situent plutôt en août/septembre, alors que d'autres indiquent une période d'août à novembre, dont principalement octobre et novembre (Collectif, 1997).

Le développement d'*Egeria densa* peut être extrêmement important : l'espèce peut former des tapis très épais tout au long des rives des cours et plans d'eau (Collectif, 1997).

Cycle saisonnier

Egeria densa présente une croissance **pérenne** avec deux maxima, l'un en juillet, et l'autre en décembre, avec une période de **sénescence** de l'espèce en octobre. Ces variations de **biomasses** sont corrélées à de fortes variations de la hauteur de la **canopée**, qui présente des valeurs faibles en avril/mai (moins de 25 cm), passe par un maximum au mois d'août (1,5 m), présente une forte réduction en octobre (40 cm) pour atteindre à nouveau 1,3 m en décembre (Collectif, 1997).

Cette courbe de croissance annuelle bimodale est à mettre en parallèle avec la **photosynthèse** de la plante. Ainsi, la forte baisse de **biomasse** observée en automne correspond à la réduction de l'activité **photosynthétique** de cette espèce (Collectif, 1997).

Egeria densa est capable de développer, en surface, une couverture dense et ombrageante (Collectif, 1997).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Originnaire d'Amérique du Sud, *Egeria densa* est une espèce tropicale et subtropicale qui, depuis un siècle, s'est largement répandue sur l'ensemble des continents à cause de son utilisation en aquariophilie, mais aussi de son utilisation dans le cadre d'expérimentations scientifiques en physiologie végétale (Collectif, 1997).

Il n'existe aucune information précise sur l'apparition d'*Egeria densa* en Europe, elle aurait été cultivée en France depuis au moins 1919 (Dutartre, 2001).

DISTRIBUTION ACTUELLE

en France et dans le bassin Artois-Picardie

En France, les premières observations en milieu naturel ont été réalisées sur une retenue de la Sélune (Manche). Depuis, *Egeria densa* s'est progressivement étendue vers le Sud-Ouest : bassin de la Vilaine et de l'Erdre, canal de Nants à Brest, la Vendée, le cours inférieur de la Dordogne et quelques sites dans les plans d'eau et zones humides du littoral aquitain (Dutartre, 2001).

Dans le **bassin Artois-Picardie**, *Egeria densa* serait absente. Cependant, Mériaux (2001) la signale dans l'Aa où elle serait apparue après 1985 (Mériaux, 2001).

Evolution des effectifs

La répartition d'*Egeria densa*, en France, est encore très imparfaitement connue ; des sites éloignés de ces régions peuvent être colonisés (Dutartre, 2001). De plus elle semble être en pleine phase d'expansion et possède une capacité de prolifération importante (Anonyme, 1999).

BIOTOPES

Dans l'aire d'origine

Dans son aire d'origine, l'égeria est fréquente dans les milieux stagnants et plus rare en eaux courantes.

Dans les milieux colonisés

La grande amplitude écologique de cette espèce lui permet de coloniser des biotopes très différents. Dans les milieux où elle a été introduite, sa préférence pour les eaux stagnantes est moins évidente. En France, hormis des plans d'eau, elle a été observée dans la rivière Vendée ou la Dordogne à partir de Bergerac (Dutartre, 2001).

Paramètres physiques

Egeria densa semble avoir des besoins en **lumière** faibles ce qui lui permet de coloniser les parties les plus **turbides** de l'hydrosystème étudié (Dutartre, 2001).

La **température** optimale de croissance d'*Egeria densa* est de 16°C et la température maximale qu'elle puisse supporter sans dégâts est de 25°C. En France, l'espèce semble s'être adaptée au froid, mais elle reste sensible aux hivers rudes (longues périodes de gel notamment) (Collectif, 1997).

Les tiges d'*Egeria densa* peuvent être facilement brisées par le **courant** et l'espèce ne peut donc se maintenir dans des conditions **lotiques**. Cependant elle se développe parfois dans des eaux faiblement courantes (Collectif, 1997).

Sa **profondeur** d'implantation peut dépasser 2 à 3 mètres dans les milieux peu turbides. Elle semble également capable de s'adapter à des **marnages** importants (Dutartre, 2001).

Egeria est capable de se développer sur des **substrats** relativement divers, mais elle semble préférer les sédiments comportant des matières organiques et donc des **eaux interstitielles** riches en nutriments, plutôt que les sédiments à dominance sableuse. (Collectif, 1997).

Paramètres chimiques

Cette espèce est commune dans les eaux acides et riches en matières humiques, cependant elle se développe également dans les eaux calcaires **eutrophes** (Dutartre, 2001). En France, il semble que le **pH et la minéralisation** de l'eau ne soient des facteurs limitants de l'extension de la plante que dans des cas extrêmes, soit de milieux très pauvres en nutriments, soit de milieux très eutrophes (Collectif, 1997).

La consommation de **phosphore** d'*Egeria densa* semble indépendante des concentrations en nitrates, mais serait directement liée à la concentration en phosphore du milieu ambiant. Cet élément est absorbé, en majeure partie, sous forme inorganique.

La consommation d'**azote** de cette plante paraît également importante, elle semble préférer l'ammoniac aux nitrates (Collectif, 1997).

Le développement d'*Egeria densa* est limité par les **matières en suspension**, elle ne s'installerait pas dans des eaux dont les teneurs sont supérieures à 40g/m³. D'ailleurs, dans le milieu naturel, des régressions de croissance doivent être observables pour de plus faibles valeurs du fait du dépôt des matières en suspension sur les plantes et du développement du **périphyton** (Collectif, 1997).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Egéria est une plante peu recherchée par les herbivores, cependant des groupes importants d'oiseaux aquatiques, comportant des canards et principalement des foulques, ont été observés en pleine activité de nourrissage dans une zone facile d'accès et largement colonisée par *Egeria densa* de la retenue de Pen Mur (Morbihan). Le peu d'intérêt des consommateurs pour cette plante peut être lié à l'extrême densité des herbiers de la plante qui la rend difficile d'approche et crée des conditions environnementales défavorables pour les animaux (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

Du fait de ces capacités d'adaptation à diverses qualités des eaux (Collectif, 1997). *Egeria densa* pourrait être utilisée dans un but d'épuration des eaux chargées en azote et en phosphore.

Cette espèce est vendue dans les commerces et sur les sites Internet spécialisés en aquariophilie.

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Sa capacité à coloniser la totalité des milieux jusqu'en surface en formant des herbiers denses peut créer des difficultés de déplacement pour les poissons et présenter des impacts physico-chimiques importants (Dutartre, 2001), par exemple 1 % de la lumière incidente est transmise à 1 mètre de profondeur induisant une forte réduction de la production planctonique (Collectif, 1997).

Les herbiers deviennent mono-spécifiques et contribuent à réduire la biodiversité (Dutartre, 2001). Les impacts sur les autres macrophytes sont souvent importants : par exemple, *Egeria densa*, plus vigoureuse que l'élodée du Canada, la remplace dans divers habitats, tout comme elle remplace d'autres hydrophytes tels qu'*Hydrocharis*, *Myriophyllum* et *Ceratophyllum* (Collectif, 1997).

Certains des milieux où *Egeria densa* s'est récemment installée, comme par exemple les plans d'eau aquitains, abritent déjà une autre espèce exotique : *Lagarosiphon major* déjà relativement abondant. Ces deux espèces, susceptibles de coloniser, les mêmes habitats, vont probablement entrer en compétition. L'évolution de l'occupation végétale des sites en question pourra sans doute apporter des précisions quant aux capacités d'adaptation et de dominance de l'une ou l'autre. Toutefois il a été observé, en Nouvelle-Zélande, qu'*Egeria densa* est dominante dans les milieux méso-eutrophes, alors que *Lagarosiphon major* l'est dans les milieux oligotrophes (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

Les activités de loisirs nautiques peuvent être très largement gênées, ce qui a été la cause des interventions de contrôle déjà menées contre cette espèce (Dutartre, 2001).

REGULATION NATURELLE

En régime tempéré, elle semble pouvoir être partiellement contrôlée par les aléas climatiques. En effet, un suivi de la colonisation par cette espèce d'une retenue d'eau dans le Morbihan a montré qu'un hiver froid (prise en glace d'une partie de la retenue, suivie de crues importantes) pouvait faire régresser très fortement cette plante (Dutartre, 2001).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

Les techniques de contrôle mécanique (faucardage, moisson, arrachage) ont déjà été testées dans diverses situations et donnent des résultats généralement corrects mais variables selon les sites. Ce type d'intervention ne doit pas négliger les grandes capacités de production de boutures viables de cette espèce (Dutartre, 2001).

Peu d'informations sont disponibles sur l'utilisation d'herbicides. En Nouvelle-Zélande, des essais de traitements par le fluridone ont montré des effets nets de cette molécule sur *Egeria densa*. Le diquat et le fluridone sont commercialisés et homologués pour l'utilisation en milieu aquatique en France (Dutartre, 2001).

Apparemment aucune recherche n'a été spécifiquement menée sur des moyens de lutte biologique contre cette espèce : bien que citée dans diverses régions du monde, cette plante n'est pas considérée comme un risque majeur nécessitant la mise en place d'une telle recherche (Dutartre, 2001).

POUR EN SAVOIR PLUS

Anonyme. (1999). Les espèces en prolifération. In *Vivre avec la rivière, Agence de l'eau Adour-Garonne*, pp. 19.

Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.

Dutartre, A. (2001). *Egeria densa* Planchon, l'Egeria. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 61-63. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Mériaux, J. L. (2001). *La qualité de l'eau. L'exemple de l'Aa*. Association Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement.

Les élodées ou pestes d'eau (amphi/archéonaturalisées)

Elodea sp.

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Liliopsides
O :	Hydrocharitales
F :	Hydrocharitaceae

L'élodée du Canada ou mouron d'eau

Elodea canadensis
Michaux

L'élodée de Nuttall ou élodée à feuilles étroites

Elodea nuttallii (Planchon)
St. John ;
Elodea canadensis Michaux
var. *angustifolia* (Mühlenb)
Ascherson ;
Elodea minor Farw. ;
Nacharis nuttallii Planchon ;
Elodea occidentalis St John

L'élodée à feuilles allongées

Elodea ernstiae St
John ;
Elodea ernstae St
John
Elodea
callitrichoides
(Planchon) Caspary

BIOLOGIE

Description

Les élodées sont des **macrophytes** vivaces à tiges ramifiées, pouvant atteindre 1 mètre de long. Les feuilles sont réparties régulièrement autour de la tige en **verticilles** de 3. Ces feuilles sont toutes **caulinaires** (sans pétiole), longues de 0,6 à 2 cm (Collectif, 1997).

Elle présente un enracinement superficiel. Des racines **adventives** peuvent apparaître sur la tige (Collectif, 1997).

Elodea canadensis possède des feuilles sub-horizontales, de couleur vert sombre (Collectif, 1997) qui sont ovales à **linéaires-oblongues, obtuses-arrondies** au sommet (Müller, 2001), à bord denticulé (Collectif, 1997). Ce qui la différencie des autres élodées ce sont ses feuilles supérieures et moyennes qui sont plus ou moins rigides, larges de 1,5 à 3,5 mm (soit 2 à 5,5 fois plus longues que larges) (Müller, 2001 #237). Les racines adventives présentent, à l'état frais, des **apex** de couleur blanchâtre à verdâtre (Collectif, 1997).

Elodea nuttallii se distingue de l'élodée du Canada par ses feuilles de couleur vert pâle, presque transparentes, légèrement recourbées et un peu crispées, qui s'affaissent lorsqu'on sort la plante de l'eau (Mériaux, 1979b). De plus, les feuilles supérieures à moyennes sont plus ou moins souples, linéaires à sublinéaires-**lancéolées** (Müller, 2001), pliées le long de la **nerveure** médiane (Collectif, 1997) aiguës à **acuminées** au sommet, larges de 0,2 à 0,8 mm. Elles sont souvent arquées, voire « tire-bouchonnées » et 3,5 à 10 fois plus longues que larges. Les fleurs de l'élodée à feuilles étroites sont violacées (Collectif, 1997).

Les racines adventives présentent à l'état frais, des apex de couleur rougeâtre (Collectif, 1997).

On peut confondre cette dernière avec *Elodea ernstiae*, qui possède aussi des feuilles vert sombre (Mériaux, 1979a) étroites (7,5 à 15 fois plus longues que larges, toujours souples (Müller, 2001), mais elles ne sont pas ou peu arquées, jamais « tire-bouchonnées », planes. Les dents des feuilles sont également plus longues (Collectif, 1997). Les fleurs sont blanchâtres (Müller, 2001). Les racines adventives présentent également, à l'état frais, des **apex** de couleur rougeâtre (Collectif, 1997).

Reproduction et propagation

Reproduction sexuée

La **reproduction sexuée** des élodées en Europe est quasiment inexistante. En effet, seuls des pieds femelles sont présents (Collectif, 1997).

Elodea canadensis fleurit rarement, de juin à août, et ses fleurs femelles sont petites, de 2,5 à 7 mm de diamètre, produites sous l'eau et venant affleurer en surface au sommet de très longs **pédicelles**. Les **pétales** sont blanchâtres, blancs verdâtres ou lilas (Collectif, 1997).

Contrairement à cette dernière *Elodea nuttallii* présente en Europe les deux types de fleurs, mâles et femelles, à longs **sépales**, la floraison pouvant se produire de juin à septembre. Les fleurs femelles sont cependant plus fréquentes (Collectif, 1997).

Quant à *Elodea ernstiae*, elle présente des petites fleurs blanches, de 3-4 mm (Collectif, 1997).

Reproduction végétative

La **reproduction végétative** est prédominante dans cette famille (Collectif, 1997).

Elles se reproduisent essentiellement de manière végétative par fragmentation et **bouturage** des tiges grâce au développement de racines adventives. Elles produisent en outre des **hibernacles**, bourgeons spécialisés, permettant d'assurer la survie de la plante en hiver et en même temps sa multiplication (Müller, 2001). C'est leur mode de **pérennité** (Collectif, 1997).

Ainsi pour **l'élodée du Canada**, il y a formation de bourgeons dormants qui sont les bourgeons **apicaux**. Pendant l'automne, les extrémités des tiges latérales cessent de s'allonger et portent des feuilles vert foncé, densément groupées, qui contiennent plus d'**amidon** que les feuilles normales, et possèdent une **cuticule** plus épaisse. Ces bourgeons peuvent être libérés par désagrégation de l'axe parent et plonger dans le substrat, ou rester fixés durant l'hiver. Si l'hiver est doux, il se développe tôt dans la saison, sinon ils resteront dormants jusqu'au printemps où ils formeront un nouveau plant (Collectif, 1997).

Biomasse

Les biomasses fournies par les herbiers denses d'élodées peuvent être très importantes (Collectif, 1997). Ainsi elles peuvent former des tapis denses en surface, très épais et ombrageants (Collectif, 1997).

Une biomasse maximale de 450 g de poids sec/m² au mois d'août avec une production nette annuelle de 500 g de poids sec/m² a été relevée pour *Elodea canadensis* (Pokorny et al., 1984).

Le maximum de biomasse **d'élodée à feuilles étroites** observée par Kunii (1984), à la fin du mois de juillet, se situait autour de 700 g de poids sec/m².

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

L'élodée du Canada est originaire d'Amérique du Nord. C'est dans la période comprise entre 1867 et 1875 que cette espèce s'est naturalisée en France. Il semblerait que 1867 soit la première date de sa constatation en France (Haute-Vienne) : en 1875, on l'indique simultanément comme très abondante à Nantes, dans l'Aube, le Berry (Legrand, 1884).

L'élodée de Nuttall est originaire d'Amérique du Nord. Cette boréo-américaine se rencontre dans le Sud du Canada, le Nord et le Nord-Est des Etats-Unis. Elle n'est apparue que récemment en Europe Continentale (Mériaux, 1979b). Elle a succédé à l'élodée du Canada un siècle après que celle-ci fut introduite en Europe (Müller, 2001).

Deux hypothèses (avec interaction possible) sont envisageables pour expliquer l'installation de cette élodée dans notre région : elle a pu être introduite par l'intermédiaire des marins ou de leurs péniches qui circulent sur le réseau de canaux du Nord de la France et du Benelux ; il est possible qu'il y ait intervention directe de la macro-avifaune, ou des mammifères migrants comme le rat musqué (*Ondatra zibethicus*), dans le transport des hibernacles de la plante (Mériaux, 1979b).

L'élodée à feuilles allongées est originaire d'Amérique du Sud (Nord-Est de l'Argentine). Elle est apparue en Europe, en 1948, sur le territoire de la Grande-Bretagne et n'existerait sur le continent qu'en France (où elle a été reconnue pour la première fois en 1959 (Müller, 2001), et uniquement en Alsace, cependant certains auteurs la mentionnent « susceptible d'être trouvée » en Europe Centrale (Mériaux, 1979a).

En ce qui concerne son arrivée dans le bassin Artois-Picardie, trois hypothèses, que l'on peut considérer isolément ou interférentes, sont envisageables : la plante pourrait avoir été introduite accidentellement par les aquariophiles (cependant, en 1979, Mériaux constate qu'elle n'est pas notée chez les fournisseurs de plantes aquatiques de la région Nord/Pas-de-Calais) ; elle pourrait avoir été amenée d'Alsace soit par l'intermédiaire du transport fluvial, particulièrement dense sur le réseau de canaux du Nord, soit par celui de l'avifaune ; elle pourrait avoir été introduite de la même façon mais directement de Grande-Bretagne (Mériaux, 1979a).

DISTRIBUTION ACTUELLE

en France et dans le bassin Artois-Picardie

Il n'existe pas vraiment de références traitant de proliférations spécifiques d'élodées **en France**. Cependant elles sont recensées dans de nombreuses régions, la densité de leurs herbiers, même localisés, les faisant considérer bien souvent comme gênantes, notamment sur des pièces d'eau de petite taille (Collectif, 1997).

L'élodée du Canada est présente partout en France. Elle est aujourd'hui intégrée à la flore française. Dans le bassin Artois-Picardie, cette espèce en régression est désormais peu commune.

L'élodée à feuilles étroites s'est largement étendue au cours des 30 dernières années dans l'Est et dans le Nord. Elle colonise actuellement les vallées de la Loire (Müller, 2001). Dans le bassin Artois-Picardie, elle reste pour l'instant peu commune à assez rare.

L'élodée à feuilles allongées reste encore localisée en Alsace et dans le Nord de la France. Mais elle a été récemment découverte en Lorraine dans des bras-morts de la Moselle (Müller, 2001). Dans nos régions, *Elodea ernstiae* est présumée exceptionnelle, nous l'avons observée au niveau du canal de Bourbourg à Bourbourg, seule station où elle est signalée jusqu'à présent.

Evolution des effectifs

L'élodée du Canada a rapidement colonisé les réseaux hydrographiques d'une grande partie de l'Europe au cours de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle et était considérée comme la principale « peste aquatique », voire comme un « fléau pour les cours d'eau ». Elle a ensuite régressé au cours du XX^{ème} siècle et s'est « intégrée aux phytocénoses aquatiques ». Elle devient même rare dans certaines régions du fait de la compétition avec l'élodée à feuilles étroites (Müller, 2001).

L'élodée de Nuttall est par contre en pleine phase de colonisation expansive (Müller, 2001).

L'élodée à feuilles allongées pourrait s'étendre au cours des prochaines décennies dans les eaux à niveau trophique élevé (Müller, 2001), mais pour l'instant cette espèce reste très localisée.

BIOTOPES

Paramètres physiques

Elodea canadensis est cité comme une espèce **héliophile**. *E. ernstiae* préférerait les eaux limpides. Cependant les élodées se développent en colonies denses et ne reçoivent qu'une fraction des radiations solaires (auto-ombrage) (Collectif, 1997).

L'élodée du Canada préfère les eaux fraîches, tandis que l'élodée de Nuttall se développe dans des eaux plus chaudes. Cette dernière espèce est **eurytherme** et peu coloniser des cours d'eau à fortes variations de température. L'élodée de Ernst se développe, elle, de préférence dans les eaux **sténothermes** fraîches (Collectif, 1997).

La **température** optimale de croissance est située à 20°C pour des radiations faibles et entre 25 et 30 °C pour des radiations supérieures. La température critique de croissance active d'*Elodea nuttallii* varie entre 8 et 12 °C (Collectif, 1997).

Les élodées se développent en **eaux calmes** et préfèrent les courants faibles.

L'élodée du Canada se rencontre dans des milieux de faible **profondeur** (inférieur à 1 m), tandis que celles de Ernst et de Nuttall peuvent atteindre des profondeurs de 3 m (Collectif, 1997).

Elodea canadensis croît sur des **substrats** composés d'une bonne partie d'éléments fins (vase, sables et galets). Les deux autres espèces préfèrent des substrats fins (Collectif, 1997).

Paramètres chimiques

Les élodées semblent préférer les eaux fortement **minéralisées**, mais peuvent présenter une large amplitude par rapport à ce facteur. Elles sont fréquemment recensées dans des eaux **alcalines** (Collectif, 1997).

En ce qui concerne le **niveau trophique** des eaux : *Elodea canadensis* est indicatrice de zones mésotrophes à eutrophes, *E. nuttallii* dans des eaux plus eutrophes, et *E. ernstiae* dans des secteurs eutrophes à hypereutrophes et de préférence à eau limpide (Collectif, 1997).

L'élodée du Canada est absente des eaux dont la concentration en **phosphore** dépasse 0,5 mg P/l, par contre l'abondance de l'élodée de Nuttall augmente avec l'élévation de ces concentrations. Cette dernière espèce présente des capacités d'accumulation du phosphore plus importantes que celles d'*Elodea canadensis* (Collectif, 1997).

Les élodées du Canada et de Nuttall ont un taux de croissance important dans des milieux enrichis en nitrates et en ammonium, avec un taux d'absorption de 75 à 90% de l'**azote**, avec un effet négatif pour des teneurs supérieures à 4 mg N/l (Collectif, 1997).

La source de carbone, élément essentiel à une bonne activité **photosynthétique**, se fait habituellement sous la forme de dioxyde de carbone de l'air, ou CO₂ par transport passif. Lors des situations extrêmes, relativement fréquentes en été, avec des pH élevés et des teneurs limitantes en CO₂, les plantes peuvent s'adapter en utilisant les bicarbonates de l'eau (HCO₃⁻) par transport actif (Collectif, 1997).

Remarques

La substitution de l'élodée de Nuttall à celle du Canada dans de nombreuses localités peut s'expliquer par une vitesse d'élongation des tiges et une production de bourgeons axillaires plus rapide pour la première espèce. Mais il semblerait que les attributs **écophysologiques**, comme une grande aptitude à absorber les orthophosphates et l'azote ammoniacal, pouvaient également expliquer l'expansion d'*Elodea nuttallii* au détriment d'*E. canadensis* (Müller, 2001).

De même, *Elodea ernstiae* tend à supplanter *E. canadensis* dans les milieux où elle s'installe (Mériaux, 1979a). Elle pourrait également concurrencer *E. nuttallii* puisqu'elle peut coloniser les mêmes types d'eau (eutrophes à hypereutrophes) mais avec une préférence pour des eaux limpides et sténothermes froides (Collectif, 1997).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Comme l'ensemble de la végétation aquatique, les herbiers d'élodées favorisent la reproduction et le développement des insectes et/ou des poissons en servant soit de support aux œufs, soit de garde-manger, soit d'abri pour les plus petits (Prévost, 2001).

Sur l'homme et ses activités

Ces trois espèces sont appréciées en aquariophilie. C'est pourquoi l'élodée du Canada est vendue par des fournisseurs spécialisés (nombreux sites internet de jardinerie et pépinières).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

L'élodée du Canada a surtout créée des nuisances par son intense développement à l'époque de sa rapide extension géographique (Collectif, 1997).

Les proliférations de populations mono-spécifiques des différentes espèces d'élodées peuvent entraîner des dysfonctionnements des milieux aquatiques, telles les **anoxies** périodiques. Elles constituent également un obstacle à l'écoulement des eaux et une gêne importante pour la pratique des loisirs nautiques et de la pêche. Par ailleurs, l'extension de peuplements mono-spécifiques peut se faire au détriment d'autres hydrophytes (Müller, 2001).

Sur l'homme et ses activités

Les herbiers d'élodées peuvent également être une gêne physique pour la pêche : les hameçons et les fils s'emmêlant dans les tiges de plantes. Cependant aucune référence ne signale ce type de problèmes.

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

Comme pour d'autres **hydrophytes** proliférants, un « **moissonnage** » des peuplements d'élodées permettra de réduire leurs proliférations et leur dynamisme, mais peut également conduire dans certains cas, à de nouvelles colonisations, encore plus fortes, par exemple dans l'étang de Bostal en Sarre (Müller, 2001).

L'utilisation d'**herbicides** pour éliminer les élodées est également problématique du fait de la « protection chimique » de ces espèces par le périphyton (algues, bactéries, ...) et des effets induits sur les **écosystèmes** aquatiques et la santé humaine (Müller, 2001).

POUR EN SAVOIR PLUS

- Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.
- Legrand, A. (1884). Apparition de *Elodea canadensis* dans le Centre de la France. In *Premier fascicule de Plantes nouvelles ou rares pour le département du Cher*, pp. 203-209.
- Mériaux, J. L. (1979a). *Elodea ernstae* (St-John), espèce nouvelle pour la flore régionale (Nord de la France). In *Documents floristiques*, vol. II, pp. 55-60.
- Mériaux, J. L. (1979b). *Elodea nuttallii* (Planch) St John, espèce nouvelle pour le Nord de la France. In *Bulletin de la Société botanique du Nord de la France*, vol. 32, pp. 30-32.
- Müller, S. (2001). *Elodea canadensis* l'élodée du Canada, *Elodea nuttallii* l'élodée à feuilles étroites, *Elodea callitrichoides* l'élodée à feuilles allongées. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 65-68. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.
- Pokorny, J., Kvet, J., Ondok, J. P., Toul, Z. & Ostry, I. (1984). Production-ecological analysis of a plant community dominated by *Elodea canadensis* Michx. In *Aquat. bot.*, vol. 19, pp. 263-292.
- Prévost, C. (2001). Les plantes d'étang, vol. 2002. http://sea-river-news.com/18_5.htm.

Les jussies ou ludwigies (sténonaturalisées)

Ludwigia sp.

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Magnoliopsides
O :	Myrtales
F :	Onagraceae

La jussie à grandes fleurs (sténonaturalisée)

Ludwigia grandiflora ;
Ludwigia uruguayensis Hara ;
Jussiaea grandiflora Michaux ;
Jussiaea repens sensu Coste non
Linné ;
Jussiaea michauxiana Fernald

La jussie rampante (sténonaturalisée)

Ludwigia peploïdes P.H. Raven ;
Jussiaea peploïdes Kunth ;
Jussiaea repens L. var. *glabrescens*
Kuntz.

BIOLOGIE

Description

Hydrophytes fixés **amphibies**, ces plantes présentent une vaste gamme de formes, partiellement liées à la nature des biotopes disponibles (Dutartre, 2001b). Les tiges rigides, noueuses, émergées ou immergées, forment un réseau. Elles peuvent dépasser 6 mètres de longueur et atteindre un diamètre de 7 à 10 mm. Elles sont noueuses et présentent aux **nœuds** des racines **adventives** qui constituent un moyen de régénération très efficace en cas de rupture (Collectif, 1997). Les feuilles émergées sont lancéolées et poilues chez *Ludwigia grandiflora*, arrondies et glabres chez *L. peploïdes*. Les feuilles immergées sont, elles ovales ou rondes pour les deux espèces (Anonyme, 1999). Dutartre (2001) ajoutent qu'elles peuvent être alternes, oblongues, atténuées en pétioles et quelquefois **vernissées**. La **nervuration** est bien visible. La pilosité des feuilles est un des critères de différenciation des espèces présentes sur le territoire français. Les racines et pétioles des fleurs peuvent être rougeâtres. Deux types de racines sont observables : les unes présentent classiquement un **géotropisme** positif et servent d'organes d'absorption et de fixation, les autres ont un géotropisme négatif et sont entourées d'un tissu **aérijfère** ou **aérenchyme** pouvant assurer la flottaison des tiges (Dutartre, 2001b).

Les fleurs jaune vif, pouvant atteindre 3 à 5 cm de diamètre sont en grande partie responsables de la grande dispersion de ces espèces jugées très esthétiques par de nombreuses personnes (Dutartre, 2001b).

Ces plantes ne doivent pas être confondues avec la jussie des marais (*Ludwigia palustris*), plante autochtone, à feuillages rougeâtres et petites fleurs verdâtre (Anonyme, 1999).

Reproduction et propagation

Reproduction sexuée

En France, les fleurs de *Ludwigia grandiflora*, développées de juin à septembre sont stériles. Dutartre a pu observer la formation de fruits comportant des graines dans quelques sites du département de Landes. Des essais de **germination** ont permis de démontrer que ces possibilités existent. Des récents tests, réalisés sur différents stocks de graines, ont montré que la germination en conditions de laboratoire était variable mais possible dans tous les cas et que les **plantules** produites étaient viables. Des expérimentations en milieu naturel restent à réaliser pour mieux évaluer ces possibilités (Dutartre, 2001b).

La présence de racines adventives sur les tiges de jussies constitue également un moyen de régénération efficace en cas de rupture (Collectif, 1997).

Reproduction végétative

La reproduction végétative est incontestablement le moyen le plus efficace de dissémination de ces plantes. Les **diaspores** peuvent être des fragments de tiges de quelques centimètres le plus souvent avec une **rosette** de feuilles : elles sont susceptibles de reconstituer une plante viable dès que le fragment peut se déposer dans un habitat favorable. Ces **diaspores** peuvent subsister pendant des périodes relativement longues à la surface des eaux et résistent plusieurs jours à la **dessiccation**. Les racines à géotropisme négatif déjà citées et la présence d'aérenchyme participent à la flottaison de ces diaspores (Dutartre, 2001b).

Biomasse

La taille des pieds de jussies favorise la formation de couches denses et fortement ombrageantes en surface (Collectif, 1997).

La production de **biomasse** peut être très importante : atteignant près de 2 kg de matières sèches par m² dans les biotopes favorables, elle contribue au potentiel d'extension des plantes par le développement des tiges sur plusieurs mètres de longueur, les rendant ainsi plus fragiles. Les temps de doublement de biomasse sont très variables, de 15 jours environ en milieux stagnants à près de 70 jours dans les cours d'eau (Dutartre, 2001b).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

D'origine américaine (Amérique du Sud), les deux jussies ont été largement diffusées dans une grande partie des zones tropicales, subtropicales et tempérées du globe. Elles sont présentes en Afrique, en Amérique du Nord (Etats du Sud et du Sud-Ouest des Etats-Unis), en Australie et en Europe. Elles font partie des plantes introduites volontairement et disséminées en France pour leurs qualités ornementales (aquariophilie, plans d'eau ornementaux) (Dutartre, 2001b).

En France, les jussies ont été accidentellement introduites vers 1820-1830 dans le Lez à Montpellier, puis rapidement considérées comme naturalisées dans le Gard et dans l'Hérault (Dutartre, 2001b).

DISTRIBUTION ACTUELLE

en France et dans le bassin Artois-Picardie

En France, leur répartition actuelle est importante et en constante évolution. Si les jussies restent très largement présentes dans les parties Sud (de la Durance et la Camargue à l'Aquitaine) et Ouest (des Landes jusqu'en Bretagne) du territoire métropolitain, leur propagation vers le nord et l'est de la France semble continue. Leur extension vers le Nord-Est est également notable : elles ont été observées depuis 1999 dans une gravière de Nancy où leur colonisation semble perdurer malgré le climat continental. Hormis ces grandes zones et ces sites particuliers, elles se trouvent disséminées dans le centre de la France, comme par exemple dans quelques sites de l'Allier et du Nord-Ouest (Somme) (Dutartre, 2001b).

Dans le bassin Artois-Picardie, la ludwigie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora*) a été repérée pour la première fois dans le département de la Somme en 1991 dans le dédale de canaux, de jardins ouvriers et de loisirs et de terres maraîchères des Hortillonnages d'Amiens (vallée de la Somme). Jusque 1995-1996 la plante sembla se cantonner à cette localité mais dès 1997 elle s'étendit de manière spectaculaire sur de nombreux canaux et fossés (Toussaint & Gavory, 2001). Leur extension la plus nordique connue à ce jour se situe dans la région de Dunkerque, en passant par le canal de Roubaix à la frontière belge. Cette extension vers le nord pourrait être une conséquence d'une légère augmentation de la température depuis quelques années (notion de changement climatique global) (Collectif, 1997). Pourtant la présence de ces espèces est jugée exceptionnelle dans le bassin.

La dynamique actuelle de ces plantes semble très rapide : il semble probable que leur répartition géographique réelle est nettement plus importante que ne le laissent supposer ces éléments (Dutartre, 2001b).

Evolution des effectifs

Ces espèces sont en extension depuis environ trois décennies et leurs grandes capacités de colonisation d'habitats très divers en font actuellement un envahisseur parmi les plus préoccupants (Dutartre, 2001b).

BIOTOPES

Les jussies colonisent de préférence les milieux stagnants ou à faible courant, comme des plans d'eau, zones humides, réseaux de fossés, cours d'eau à étiages sévères, etc. Leur très vaste amplitude écologique leur permet de se développer également sur d'autres types de milieux comme par exemple des bancs de sédiments en bordure de cours d'eau à écoulements permanents. Elles s'installent aussi bien dans des milieux de dimensions restreintes que de vastes étendues d'eau où la relative solidité et la densité de leurs tiges leur permettent de résister aux vents et à la houle (Dutartre, 2001b). Il leur est également possible de coloniser une part du lit de certains cours d'eau si la stabilité des rives leur a permis de s'installer et si les vitesses de courant ne sont pas suffisantes pour arracher les tiges flottantes (Collectif, 1997).

Des informations récentes indiquent que des colonisations de prairies humides ont commencé dans quelques sites, comme par exemple quelques sites des Barthes de l'Adour, ce qui constitue une menace potentielle importante pour ces milieux fragiles (Dutartre, 2001b).

Paramètres physiques

Les jussies sont des plantes d'origine tropicale, leurs besoins en lumière sont donc importants ; d'ailleurs leur développement est fortement réduit dans des conditions de luminosité faible et leur dynamique de colonisation d'habitats ombragés reste limitée (Collectif, 1997).

Les *Ludwigia sp.* présentent une très vaste répartition géographique : des zones tropicales du globe à notre bassin au climat tempéré. Ceci correspond à une large gamme de températures auxquelles sont adaptées les jussies. Ainsi, même si les parties aériennes peuvent être détruites par le gel, les rhizomes enfouis dans les sédiments résistent aux rigueurs climatiques de l'hiver et sont susceptibles de développer de nouveaux individus le printemps suivant (Collectif, 1997).

Bien que mieux adaptées aux eaux calmes et peu courantes, il est possible d'observer des jussies sur les bordures des cours d'eau. En effet, elles sont capables de développer des tiges flottantes pouvant se diriger vers le centre du cours d'eau. Cependant, ces tiges sont sensibles au courant et peuvent être soit repoussées vers les rives, soit rompues par des vitesses plus élevées. Par ailleurs, la capacité des plantes à développer progressivement des tiges enracinées de proche en proche dans les milieux peut leur permettre de progresser dans des zones présentant des cycles hydrologiques contrastés (Collectif, 1997).

Leurs réseaux denses de tiges peuvent s'implanter jusqu'à près de 3 m de profondeur dans des endroits très favorables et s'étaler jusqu'à 80 cm au-dessus de la surface moyenne des eaux, dès lors que les sols restent suffisamment humides (Dutartre, 2001b).

Bien que la richesse en nutriments des substrats semble influencer sur la croissance des jussies, ces dernières peuvent s'installer dans des sites très variables. Les plantes montrent ainsi, leur grande capacité d'adaptation (Collectif, 1997).

Paramètres chimiques

La gamme de milieux dans lesquels les ludwigies peuvent se développer paraît montrer qu'elles sont relativement **ubiquistes** quant aux conditions de minéralisation et de pH, ce qui contribue à favoriser leurs expansions (Collectif, 1997).

Capables de se nourrir aussi bien dans les sédiments que dans les eaux, de s'installer sur des sédiments vaseux riches en matières organiques ou des sables plus pauvres, dans des plans d'eau **mésotrophes** ou **eutrophes**, les jussies présentent une très grande capacité d'adaptation par rapport à la disponibilité en nutriments (Collectif, 1997).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Peu de données sont disponibles sur les relations entre les jussies et les populations animales. Son caractère mellifère est assez bien démontré par la présence régulière d'insectes divers dans les herbiers en fleurs.

Des insectes, dont des coléoptères, consomment la plante, mais également des bovins de race rustique ; ce sont d'ailleurs des pistes de recherche suivies pour proposer des solutions de contrôle biologique de ces espèces (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

Les jussies peuvent assimiler des quantités d'azote supérieures à leurs besoins ; elles peuvent donc jouer un rôle épurateur (Anonyme, 1999).

Ces espèces sont appréciées en aquariophilie (Dutartre, 2001b).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Les gênes occasionnées par les *Ludwigia* les plus évidentes sont d'ordre physique telles que des gênes vis-à-vis des écoulements (irrigation, drainage) ou une accélération du comblement des milieux. Ce comblement peut être la conséquence d'une sédimentation accélérée par les herbiers denses qui réduisent la mobilité des eaux et favorisent ainsi le dépôt des matières en suspension (Dutartre, 2001b).

Les herbiers denses de jussies peuvent présenter de forts impacts sur la qualité physico-chimique des eaux, et en particulier sur les teneurs en oxygène dissous (jusqu'à l'asphyxie du milieu) et le pH. Les teneurs en oxygène dépassent rarement 2 mg/l dans les herbiers du Marais d'Orx et les valeurs de pH sont faibles (Dutartre, 2001b).

La banalisation écologique de certains biotopes, dont la réduction locale de la biodiversité, a été notée dans divers cas (Dutartre, 2001b). La forte dynamique des *Ludwigia sp.* en fait des compétiteurs très efficaces des espèces indigènes des habitats où elles s'installent. Elles sont capables de faire régresser et disparaître l'ensemble des hydrophytes enracinées, une partie des hélophytes de petite taille de bordure des eaux et peuvent limiter le développement de plantes flottantes telles que les lemnaées. Souvent en mosaïque au sein des peuplements végétaux préexistants lors de leur phase d'installation, les herbiers de jussies deviennent très vite mono-spécifiques (Collectif, 1997). Lorsque la densité des tiges et des racines devient trop forte sous la surface de l'eau les poissons disparaissent (Anonyme, 2001).

Sur l'homme et ses activités

Les nuisances vis-à-vis des usages portant sur les ressources naturelles des milieux (pêche, chasse, pratique des sports nautiques) sont également fortement ressenties dans un grand nombre de sites : un tapis végétal recouvrant l'eau empêche tout déplacement de bateaux, canoës, planches à voiles, impossibilité d'exercer la pêche à la ligne ou même de déplacer une barque, impossibilité de chasser le gibier d'eau qui ne viendra pas sur un plan d'eau couvert de jussies (Anonyme, 2001). C'est en particulier le cas en France où des développements rapides et de grandes envergures perturbent l'utilisation touristique de divers types de milieux (Collectif, 1997).

REGULATIONS NATURELLES

Le climat : les parties aériennes meurent sous l'effet du gel. Par contre, les rhizomes protégés par les sédiments survivent. Les jussies peuvent donc s'implanter et se maintenir dans toutes les régions françaises, mais les phénomènes de proliférations s'observent essentiellement dans les régions où le gel est rare (Anonyme, 1999).

La lumière : le développement de cette espèce est fortement réduit dans des conditions de luminosité faible et sa dynamique de colonisation d'habitats ombragés, comme par exemple les bordures de cours d'eau couverts de **ripisylves**, reste peu importante (Collectif, 1997).

La ressource en eau : la production de biomasse de ces plantes semble limitée par les conditions hydriques du sol. Les jussies peuvent donc coloniser des terrains peu humides, mais sans proliférer. Elles ne peuvent pas coloniser les milieux terrestres éloignés des milieux humides ou aquatiques (Anonyme, 1999).

La compétition : la présence d'espèces sociales vigoureuses telles que le roseau ou la baldingère limite la progression de la jussie (Anonyme, 1999).

La consommation : comme il a été précisé précédemment la jussie est consommée par des insectes et quelques animaux. Toutefois, l'intensité de cette pression reste faible (Anonyme, 1999).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

Régulations directes

Des interventions destinées à réguler les proliférations de jussies existent depuis plus d'une décennie dans de nombreux sites de l'Ouest et du Sud de la France, en particulier dans les Landes, le Languedoc-Roussillon. D'autres interventions plus ponctuelles ont été réalisées, comme par exemple en Vendée.

Des programmes de gestion, utilisant ces mêmes techniques, sont envisagés ou commencés dans d'autres régions, comme les Marais charentais ou les Hortillonnages d'Amiens (Dutartre, 2001b). Monsieur Pelelosof, Président de l'Association pour la Protection et la Sauvegarde du Site et de l'Environnement des Hortillonnages, précise qu'en 2001 une nouvelle opération d'arrachage manuel des jussies avec leurs racines a été orchestrée, les résultats sont attendus pour août 2002. De plus, une surveillance quotidienne des Hortillonnages a été instaurée afin de pouvoir intervenir rapidement si nécessaire.

Les interventions comportent généralement des **arrachages mécaniques** et/ou des **traitements par herbicides** et, dans quelques cas, des **arrachages manuels**. Le plus souvent ces interventions permettent seulement de réduire l'extension des plantes dans les milieux traités et doivent donc être conçues dès le départ comme un entretien régulier à mettre en place (Dutartre, 2001b).

Dans les milieux de faible largeur comportant des accès longitudinaux, les arrachages mécaniques peuvent être réalisés avec des pelles mécaniques équipées de godets classiques ou spécialement adaptés à ce type de travaux. Dans les milieux plus étendus les travaux sont généralement conduits avec des pontons flottants équipés d'un bras hydraulique auquel peuvent être fixés divers outils, comme par exemple une griffe à dents rapprochées qui permet d'arracher les herbiers de jussie directement en pleine eau (Dutartre, 2001b).

Dans quelques cas, des **moissonneurs**, engins spécifiquement conçus pour la coupe et la récolte des plantes aquatiques, ont été employés. De part leur encombrement et la fragilité des barres de coupe, ils rencontrent souvent des difficultés lors des travaux et ne semblent donc pas très adaptés pour l'enlèvement des jussies aux fortes tiges et aux importantes biomasses (Dutartre, 2001b).

Des **arrachages manuels** sont envisageables dans quelques situations, tel qu'en début d'invasion où les herbiers installés sont de petite taille et faiblement enracinés ou comme finition de travaux mécaniques. La pénibilité de ces travaux doit être prise en compte dans les contraintes de départ afin de ne pas prendre le risque de travaux mal conduits ou incomplètement réalisés. Des arrachages manuels minutieux peuvent toutefois permettre un certain allongement de la durée d'action de l'intervention (Dutartre, 2001b).

Que les arrachages soient mécaniques ou manuels, la fragmentation des tiges, créatrice de boutures potentiellement viables, doit être surveillée. L'emploi de **barrages flottants ou de grillages**, positionnés à l'aval des sites de travaux, peut contribuer à réduire ces risques de dissémination (Dutartre, 2001b).

Une difficulté inhérente aux arrachages est le **devenir des plantes extraites**. Compte tenu de l'évolution prochaine des pratiques de gestion des déchets au niveau national, interdisant le dépôt en décharge de déchets potentiellement recyclables, il s'agit sans doute d'une des limites actuelles de ce mode de gestion. D'éventuels modes de recyclage de ces matières organiques restent encore à tester en vraie grandeur, même si d'ores et déjà, il est sans doute possible d'estimer les potentialités de filières courtes de traitements, telles qu'**engrais vert**, **compostage** ou **méthanisation**. Les possibilités de production de molécules présentant des valeurs ajoutées notables devraient également être prochainement évaluées (Dutartre, 2001b).

L'emploi d'herbicides est également une technique régulièrement utilisée dans la lutte contre les jussies. Parmi les produits homologués pour les milieux aquatiques, un seul est jugé efficace lorsque les plantes sont émergées. En plus des risques de désoxygénation des eaux, une des contraintes importantes de ce type de traitement est que les plantes tuées restent sur place dans les milieux stagnants, ce qui peut contribuer à leur comblement (Dutartre, 2001b).

Des **interventions composites**, fondées sur une intégration des techniques disponibles, comme par exemple, le traitement par **herbicide suivi d'un arrachage mécanique**, ont été mises en place dans le Marais Poitevin. Elles montrent des durées d'actions souvent supérieures aux différentes techniques employées seules. Ce recours assez fréquent à un herbicide dans des milieux très différents est jugé négativement par un certain nombre de partenaires de la gestion de plantes aquatiques : les effets écologiques induits, dont le maintien in situ de la biomasse tuée, sont encore imparfaitement connus et devraient donc amener à une vigilance accrue dans ce choix.

Les possibilités de **contrôle biologique** semblent actuellement très restreintes. En effet, les jussies présentent une **appétence** très faible pour la plupart des animaux herbivores car leurs tissus hébergent des cristaux d'oxalate de calcium (Campbell & Clark, 1983).

Les travaux de Campbell et Clark (1983) sur les potentialités de contrôle de *Ludwigia peploides* au Texas par un coléoptère (*Lysathia ludoviciana*) ont montré que cet insecte semblait intéressant dans ce domaine.

Des observations réalisées dans la Réserve Naturelle du Marais D'Orx (Landes) sur les coléoptères *Gallerucella nymphaeae* L. et *Gallerucella aquatica* Fourcroy ont montré que ces insectes consommaient les jussies, mais leur capacité de consommation de plusieurs autres plantes indigènes de la région, des nymphéacées, les éliminent en tant qu'agents de contrôle spécifiques (Dutartre, 2001b).

La consommation de jussies par des bovins a fait l'objet de quelques observations : des vaches de race *Casta* à la Réserve Naturelle des Marais de Bruges (Gironde) semblent brouter des jussies dans des plans d'eau peu profonds en période estivale lorsque la disponibilité en fourrage diminue sur le site ; des suivis ont été mis en place pour tenter d'évaluer l'impact de ce mode de gestion mais les résultats ne sont pas très significatifs. Des essais réalisés avec des chevaux par la Fédération Départementale des Chasseurs des Landes n'ont donné aucun résultat, les animaux refusant de consommer les jussies (Dutartre, 2001b).

D'autres agents biologiques quelquefois cités, comme par exemple les carpes chinoises (*Ctenopharingodon idella*), semblent tout à fait inutilisables, compte tenu des caractéristiques des plantes, de la large gamme de milieux colonisés et des contraintes inhérentes à l'utilisation de ces poissons (Dutartre, 2001b).

Régulations indirectes

Dans les cours d'eau, il faudrait limiter les zones de ralentissement artificiel du courant au strict minimum ; maintenir ou restaurer les ripisylves sur les secteurs à courant faible ou nul ; limiter la teneur en azote de l'eau : la production de biomasse par la jussie augmente avec les teneurs en nitrates, pour des concentrations allant jusqu'à 20 mg/l. A l'inverse, il faut signaler que cette plante peut assimiler des quantités d'azote supérieures à ses besoins (Anonyme, 1999).

Les interventions contre le comblement des plans d'eau font partie des modes de gestion indirecte des plantes : en effet, elles ne visent pas spécifiquement les plantes mais leur substrat. Dans le contexte particulier des plans d'eau du littoral landais, où des opérations de dragage de grande envergure ont eu lieu dans les décennies passées, le recours à ces moyens a permis de limiter, dans certains cas, certaines évolutions végétales, mais les résultats s'avèrent très variables (Dutartre, 2001a).

POUR EN SAVOIR PLUS

Spécialiste

Monsieur **Alain Dutartre**, Unité de Recherche Qualité des eaux
Cemagref, 50, avenue de Verdun, 33612 Cestas cedex
E-mail : alain.dutartre@bordeaux.cemagref.fr

Bibliographie

- Anonyme. (1999). Jeu de fiches concernant les principales espèces rencontrées sur le bassin Adour-Garonne, pp. 31. Groupe d'Etudes et de Recherche en Ecologie Appliquée de Bordeaux-Montesquieu.
- Anonyme. (2001). Des pestes végétales : la jussie et le myriophylle envahissent l'Erdre. In *Seveinfo*, vol. 1141, pp. 2.
- Campbell, M. J. & Clark, J. W. (1983). Observations on host selection by *Lysathia ludoviciana* (Chrysomelidae), a beetle with a potential for biological control of certain aquatic weeds. In *The Texas Journal of Science*, vol. 35, pp. 165-167.
- Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In Les études de l'Agence de l'eau n°68, pp. 199 pp.
- Dutartre, A. (2001a). La gestion des plantes aquatiques exotiques envahissantes dans les lacs et les étangs du littoral landais. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 139-148. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.
- Dutartre, A. (2001b). *Ludwigia* sp. Les jussies. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 93-98. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Toussaint, B. & Gavory, L. (2001). Opérations d'arrachage des herbiers de ludwigie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora*) dans les Hortillonnages d'Amiens (Somme). In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 155. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Le lagarosiphon (acclimatée)

Lagarosiphon major Ridley Moss., *Lagarosiphon muscoïdes* Harvery var. *major* Ridley, *Elodea crispa* Hort, *Lagarosiphon crispus*

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Liliopsides
ss-Cl :	Alismatidae
O :	Hydrocharitales
F :	Hydrocharitacea

BIOLOGIE

Description

Hydrophyte à feuilles **caulinaires** comme les élodées, cette espèce présente des feuilles allongées (1 à 2 cm de longueur, largeur de 2 mm environ), à marge dentée, fortement recourbées vers l'arrière. Elles sont positionnées plus ou moins en spirale (feuilles alternes) sur les tiges, sauf vers les **apex** des tiges, et non verticillées comme les autres espèces hydrophytes de cette famille. Ses tiges, grêles et très ramifiées (Anonyme, 1999), peuvent atteindre 5 m de longueur (Dutartre, 2001), leur diamètre dépasse rarement 4 à 5 mm (Anonyme, 2002). Le système racinaire de cette plante peut pénétrer profondément dans les sédiments vaseux (à plus de 1 m) (Dutartre, 2001) ce qui lui permet un ancrage solide dans le milieu (Collectif, 1997). Ses petites fleurs sont de couleur rosée et flottent à la surface de l'eau (Anonyme, 1999) à l'extrémité d'un pédoncule (Collectif, 1997). Sa forte vitalité est notamment due à une **photosynthèse** très efficace (Anonyme, 1999 #105).

Reproduction et propagation

Les tiges feuillées de cette plante se développent à partir d'un **rhizome vivace** ; son cycle de croissance peut s'étendre sur plusieurs années. C'est une espèce **dioïque** (Anonyme, 2002). Cependant seuls des pieds femelles semblent s'être implantés en dehors de son aire originelle de répartition. L'espèce se développe donc seulement par **bouturage** spontané et croissance végétative du rhizome (Collectif, 1997). La fragmentation s'effectue généralement au sommet des tiges (Dutartre, 2001) où elles sont plus fragiles et où les feuilles s'organisent de façon plus dense, en « **rosette** » (Collectif, 1997). Les diaspores peuvent être de très petite taille (Dutartre, 2001) : un fragment de tige est capable de reconstituer un pied viable en développant progressivement des **racines adventives** et des tiges « filles » (Collectif, 1997).

Au cours du développement de la plante, certaines tiges perdent leur capacité à flotter, puis évoluent horizontalement au fond tout en prenant la fonction de « rhizome » : cette propriété permet à la plante de prendre un caractère envahissant (Collectif, 1997).

Biomasse

La taille des pieds du lagarosiphon favorise la formation de couches denses et ombrageantes en surface (Collectif, 1997).

Comme la plante est capable de développer des tiges très longues, la **biomasse** présente peut être très importante. Elle peut atteindre 1000 g de matières sèches par m². Les valeurs moyennes sur des stations fortement colonisées sont cependant plus proches de 600 à 700 g (Collectif, 1997).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Originaire d'Afrique du Sud, le lagarosiphon, apprécié en aquariophilie, a été introduit dans de nombreuses parties du monde (Dutartre, 2001). En France, il a été introduit délibérément dans le Bassin parisien vers 1935 au jardin botanique de Paris. Espèce dite naturalisée dans ce bassin en 1959, elle a été observée pour la première fois en 1965 dans le Sud Ouest sur le lac de Cazaux Sanguinet. Volontairement disséminée en raison de la régression des hydrophytes à cette époque, elle s'est ensuite propagée dans les autres lacs communicants, les gravières et autres milieux aquatiques de la frange océanique (Anonyme, 1999).

DISTRIBUTION ACTUELLE

en France et dans le bassin Artois-Picardie

Sa répartition **en France** est incomplètement connue. Ses premières implantations dans le Bassin parisien n'ont pas fait l'objet d'observations récentes. Il est présent dans quelques sites de la région Rhône Alpes, de la basse vallée de la Loire, en Bretagne, dans l'Ouest de la France, en Vendée et dans les marais charentais, et dans le grand Sud-Ouest. Toutefois, la région où cette espèce est actuellement la plus répandue est la frange littorale de l'Aquitaine (Dutartre, 2001).

Dans le **bassin Artois-Picardie** le lagarosiphon est une plante rare. Elle est signalée en deux localités : dans le canal de Roubaix à Leers juste à la frontière belge, et dans un étang de pêche artificiel à Floursies (Avesnois).

Evolution des effectifs

Commercialisée en France dans les années 1930, le lagarosiphon semble avoir un potentiel d'expansion limité (Anonyme, 2000).

BIOTOPES

Paramètres physiques

Le lagarosiphon montre une grande efficacité photosynthétique par rapport à la photorespiration, ce qui lui permet d'être compétitif dans les biotopes à faible éclaircissement (Collectif, 1997).

De par la relative fragilité de ses tiges, le lagarosiphon se développe préférentiellement dans les milieux stagnants ou à faible courant. Mais il est capable de s'installer dans des milieux courants dès lors qu'il peut y trouver des **biotopes** protégés (Dutartre, 2001).

La **pression hydrostatique** joue un rôle déterminant dans le développement des racines de fixation, puisqu'elle l'inhibe au-delà de 1,7 bars, soit au-delà d'une profondeur maximale de colonisation de 7 m. L'espèce peut se développer dans une gamme de température comprise entre 10 et plus de 25°C (Collectif, 1997).

Le substrat semble jouer un rôle prépondérant dans la répartition de *Lagarosiphon major* qui préfère les substrats vaseux aux substrats sableux et y présente des racines plus longues.

Paramètres chimiques

Dans la mesure où il est susceptible de se nourrir directement depuis son système racinaire, il peut s'installer dans une large gamme de niveaux trophiques, à condition de pouvoir trouver des substrats vaseux riches en matières organiques et en nutriments (azote, phosphore, manganèse, fer (Collectif, 1997)). Dans les plans d'eau **eutrophes** ou **dystrophes**, il reste confiné aux zones peu profondes ; en revanche dans certains sites où la transparence des eaux n'est pas limitante, il peut coloniser la totalité de la colonne d'eau (Dutartre, 2001).

La teneur en phosphore du sédiment semble toutefois influencer sur la taille des plantes (Collectif, 1997).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Des oiseaux herbivores consomment les tiges feuillées du lagarosiphon (favorisant ainsi l'extension de la plante) : c'est par exemple le cas des foulques (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

Les teneurs en chlorophylle a, carbone, azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium ; sodium, fer, du lagarosiphon sont compatibles avec une valorisation commerciale potentielle, telle que l'alimentation animale par exemple, les teneurs en azote, phosphore et potassium peuvent être particulièrement variables (notamment avec l'âge de la plante) et limitent donc cet éventuel intérêt (Collectif, 1997).

Cette espèce est très appréciée en aquariophilie pour sa propriété oxygénante, elle représente donc une valeur marchande puisqu'elle est vendue dans des établissements spécialisés (sites Internet de jardinerie et pépinières).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Capable de créer des herbiers denses sur de grandes superficies : la biomasse produite peut atteindre jusqu'à 1000 g de matières sèches/m² (Anonyme, 1999), ainsi cette plante peut engendrer une augmentation de la sédimentation dans les plans d'eau. Les modifications physico-chimiques (**cycles nycthémeraux** d'oxygène et de pH) peuvent également être causes de chocs vis-à-vis des populations piscicoles (Dutartre, 2001).

L'évolution des effectifs vers la mono-spécificité conduit dans certains secteurs des milieux colonisés à la régression, voire à la disparition des espèces hydrophytes indigènes (Dutartre, 2001). De même, quelques auteurs ont noté la raréfaction de certaines espèces végétales indigènes colonisant les mêmes habitats.

Certains des milieux où *Lagarosiphon major* est déjà relativement abondant, une nouvelle espèce *Egeria densa* s'est récemment installée, comme par exemple les plans d'eau aquitains. Ces deux espèces, susceptibles de coloniser les mêmes habitats, vont probablement entrer en compétition. L'évolution de l'occupation végétale des sites en question pourra sans doute apporter des précisions quant aux capacités d'adaptation et de dominance de l'une ou l'autre. Toutefois il a été observé, en Nouvelle-Zélande, qu'*Egeria densa* est dominante dans les milieux méso-eutrophes, alors que *Lagarosiphon major* l'est dans les milieux oligotrophes (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

Cette espèce est également source de gênes physiques pour la plupart des loisirs nautiques, ralentissant ou empêchant les déplacements des embarcations, limitant la pratique de la pêche, etc (Dutartre, 2001) et/ou de gênes psychologiques (baignades) importantes (Anonyme, 1999). Enfin, par sa capacité à s'étaler à la surface des eaux en fin de croissance, il peut être la cause de modifications esthétiques des milieux ressenties comme des gênes par les usagers (Dutartre, 2001).

REGULATION NATURELLE

Certains herbivores (oiseaux, poissons) consomment le lagarosiphon, mais cela ne constitue pas un facteur de régulation (Anonyme, 1999).

Sur les cours d'eau, la **préservation des débits et des vitesses d'écoulement** limite les risques de prolifération de cette espèce (Anonyme, 1999).

Il est peu probable que l'espèce prolifère sur des plans d'eau de grande profondeur (supérieur à 7 m), hormis à proximité des rives (Anonyme, 1999).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

Méthodes directes

L'emploi d'herbicides a largement été expérimenté : en Nouvelle Zélande, des traitements de différents plans d'eau avec du diquat ont donné de bons résultats. Dans le Sud-Ouest de la France, des tests comparatifs sur trois herbicides ont été menés sur des zones tests de l'Etang Blanc ; un seul des produits a montré une efficacité notable durant la première année (Dutartre, 2001). Il s'agit de l'Aquathol. Il est clair que le recours aux produits **phytosanitaires** reste un moyen de lutte dangereux vis-à-vis des milieux aquatiques dans lesquels ils sont utilisés ainsi que vis-à-vis de la faune aquatique. Certaines substances actives peuvent être toxiques et/ou rester piégées dans les sédiments (fluridone) (Anonyme, 1999).

Dans les lacs et les étangs landais, des expérimentations et des interventions ponctuelles ont été réalisées pour tenter de contrôler les développements de cette espèce. Des **moissons répétées** annuellement sur des superficies de 30 à 50 hectares sont réalisées depuis 1988 sur l'Etang Blanc. Ces travaux permettant de maintenir les activités nautiques estivales sur le plan d'eau ont fait l'objet de nombreux efforts d'optimisation destinés à en limiter les coûts (Dutartre, 2001).

En effet le faucardage avec récolte des produits de coupe est fréquemment employé dans les Landes. La technique n'est pas jugée satisfaisante par les gestionnaires de plans d'eau car elle n'élimine pas la plante et doit être répétée tous les ans. Les opérations de faucardage, récolte et transport ont coûté de 150 à 225 euros H.T. par hectare traité (Anonyme, 1999).

Le **faucardage** sans récolte ne doit pas être pratiqué car il crée de nombreuses **boutures** qui vont accroître la prolifération de l'espèce. Le matériel utilisé pour le faucardage doit être nettoyé avant d'être réutilisé sur d'autres sites pour limiter les risques de dissémination de boutures (Anonyme, 1999).

Le matériau récolté peut être utilisé comme engrais sur des terres agricoles (produit satisfaisant selon les utilisateurs) (Anonyme, 1999).

Diverses observations sur les invertébrés **phytophages** susceptibles d'avoir un impact notable sur le développement du lagarosiphon ont été faites lors d'études générales de la plante, mais aucun d'entre eux ne présente une consommation spécifique qui pourrait permettre de l'utiliser comme agent de contrôle biologique.

Une tentative de contrôle de *Lagarosiphon major* par la carpe chinoise (*Ctenopharyngodon idella*) dans le lac de Rotoiti en 1961 s'est soldée par un échec en 1965 (Dutartre, 2001). De plus l'introduction de la carpe chinoise peut avoir un effet néfaste sur les supports de pontes de certains poissons ou sur les habitats de certains oiseaux (Anonyme, 1999).

Intervention indirecte

La **régulation du niveau des eaux** a montré des résultats satisfaisants sur quelques plans d'eau, mais il semble que son principal effet soit un simple ralentissement du processus d'invasion.

POUR EN SAVOIR PLUS

Spécialiste

Monsieur **Alain Dutartre**, Unité de Recherche Qualité des eaux
Cemagref, 50, avenue de Verdun, 33612 Cestas cedex
E-mail : alain.dutartre@bordeaux.cemagref.fr

Bibliographie

Anonyme. (1999). Jeu de fiches concernant les principales espèces rencontrées sur le bassin Adour-Garonne, pp. 31. Groupe d'Etudes et de Recherche en Ecologie Appliquée de Bordeaux-Montesquieux.

Anonyme. (2000). Prolifération des plantes aquatiques, vol. 2002. Conseil général des Landes.
www.cg40.fr/doc/algues.pdf.

Anonyme. (2002). La végétation aquatique proliférante des plans d'eau littoraux landais : le Lagarosiphon, vol. 2002. Conseil général des Landes.
www.cg40.fr/fr_vivre_environnement_plante_aquatique_lagaro.asp?Num=4.

Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.

Dutartre, A. (2001). *Lagarosiphon major* le lagarosiphon. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 83-85. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Le myriophylle du Brésil (subspontanée)

Myriophyllum aquaticum, *M. brasiliense* Cambess.,
Myriophyllum prosperpinacoides Gill.

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Magnoliopsides
O :	Haloragales
F :	Haloragaceae

BIOLOGIE

Description

Cette plante amphibie présente des tiges noueuses pouvant atteindre 3 à 4 m de longueur pour un diamètre de plusieurs mm. Ces tiges portent des feuilles **verticillées** par 4 à 6, le plus souvent par 5. Les feuilles **pennatiséquées** comportent 8 à 30 segments. Les feuilles immergées sont vert clair, les émergées plus sombres (Dutartre, 2001), d'un vert bleuâtre (Boullet, 2000). Sur une même tige, il est possible de rencontrer des feuilles immergées, puis des feuilles émergées (Dutartre, 2001).

Dès lors qu'elle est partiellement émergée, cette espèce peut être distinguée sans difficultés des trois espèces indigènes de myriophylle qui restent toujours immergées. En situation immergée, le diamètre important de la tige et l'envergure totale de la tige feuillée dépassant souvent 2 à 3 cm aident également à la détermination (Dutartre, 2001).

Reproduction et propagation

Les sexes sont normalement séparés et seules les plantes femelles sont connues à l'état naturalisé en Europe (Boullet, 2000).

Par conséquent, la reproduction végétative par allongement et fragmentation des tiges est le seul mode de propagation de cette espèce en France (Dutartre, 2001). La propagation des boutures se fait au grès des courants et probablement aussi des divagations des oiseaux d'eau (Boullet, 2000), elle est jugée efficace par divers auteurs. Les fragments de tige peuvent subsister pendant plusieurs jours dans les eaux et développer ensuite des plantes viables (Dutartre, 2001).

En effet, sur un site favorable, la plante se développe à partir des rives, s'implantant au ras de l'eau ; elle s'étend ensuite sur l'eau et s'enracine ultérieurement dans les sédiments (Anonyme, 2002).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Cette plante originaire d'Amérique tropicale et subtropicale (Argentine, Chili, Brésil), appréciée en aquariophilie, est connue pour son caractère envahissant, en particulier en Europe du Sud (Portugal), aux Etats-Unis (Californie), en Afrique du Sud, en Asie du Sud-Est, en Inde, en Australie et en Nouvelle Zélande. Au Portugal, cette espèce a été la première plante aquatique à caractère invasif recensée : les premières observations datent de 1936 (Dutartre, 2001).

L'introduction de cette espèce en France serait liée à des essais de naturalisation dans la région bordelaise vers 1880 (Dutartre, 2001). Dès 1913, elle est considérée comme naturalisée dans les marais proches de Bordeaux. Limitée semble-t-il dans les années 50 aux étangs littoraux aquitains (Boullet, 2000), la plante s'est maintenant largement répandue.

DISTRIBUTION ACTUELLE

en France et dans le bassin Artois-Picardie

En France, originellement repérée dans le Sud-Ouest, elle s'est largement étendue vers le nord. Jugée préoccupante dans divers plans d'eau du littoral aquitain, elle est présente dans la région de Bordeaux (dont la Réserve Naturelle de Bruges), sur quelques petits plans d'eau en Dordogne, en Tarn et en Garonne, quelques stations sur l'Adour, les rivières Boutonne, Seugne, Séoune, différents sites en Charente et Charente Maritime, en Vendée. Elle vient d'être observée sur au moins un site du Marais Poitevin. Plus au nord, elle se rencontre sur le bassin versant du lac de Grand-Lieu, sur quelques autres sites en Loire Atlantique (dont le lac de Grand-Lieu et l'Erdre), en Maine et Loire, également dans le bassin versant de la Vilaine sur l'Ouest et dans quelques plans d'eau. Enfin, elle a été très récemment découverte dans le Nord de la France (Dutartre, 2001), une mention vague l'indique même dans le département de la Somme (Boullet, 2000).

Dans le **bassin Artois-Picardie**, sa découverte récente dans la Plaine maritime flamande est une nouvelle étape dans l'expansion du myriophylle du Brésil. La population de Ghyvelde, une tache de 10 m² ayant probablement pour origine un rejet volontaire de déchets de végétaux, essaime déjà sur une cinquantaine de mètres (Boullet, 2000). Cependant cette espèce est très rare dans le bassin, puisque cette station est la seule qui y soit recensée officiellement.

Evolution des effectifs

Le myriophylle est une espèce en expansion géographique.

BIOTOPES

Paramètres physiques

Plante d'origine tropicale, le myriophylle du Brésil a besoin d'un ensoleillement important pour se développer. Les feuilles submergées et celles aériennes n'ont pas les mêmes capacités **photosynthétiques**. Elles sont adaptées physiologiquement à leur environnement, ombragé pour les premières et lumineuses pour les secondes (Collectif, 1997).

La gamme optimale de température de *Myriophyllum aquaticum* est comprise entre 20 et 25 °C (Collectif, 1997). Ce qui pourra surprendre pour une espèce tropicale, c'est sa capacité à résister aux rigueurs de l'hiver comme dans le Nord de la France ou en Angleterre où l'on a mentionné son hivernage sous la glace (Boullet, 2000).

Le myriophylle du Brésil occupe de préférence les milieux stagnants ou à faible courant (Dutartre, 2001), mais il est capable de se développer en bordure de cours d'eau ne présentant de régimes hydrologiques trop contrastés (Collectif, 1997). Zones humides, réseaux de fossés, bordures des plans d'eau et des cours d'eau lents peuvent être facilement colonisés par cette espèce (Dutartre, 2001).

La plante peut se développer jusqu'à 30 ou 40 cm au-dessus de la surface et coloniser des fonds jusqu'à 3 m (Collectif, 1997). Cependant elle colonise plutôt des fonds vaseux peu profonds. Toutefois en ce qui concerne les rives elle semble un peu plus indifférente au type de substrat : elle est susceptible de s'installer aussi bien sur des sols riches en matières organiques que sur des sols plus sableux (Collectif, 1997).

Paramètres chimiques

La plante ne résisterait pas à des teneurs en sel supérieures à 10 pour 1000, mais semble relativement indifférente au pH (Dutartre, 2001).

La croissance de la plante est favorisée par des eaux riches en nutriments (Dutartre, 2001).

Il semblerait que l'**azote** soit plus limitant que le **phosphore** en début de la phase de croissance, alors que le phosphore le deviendrait pendant la pleine saison. Les racines adventives semblent jouer un rôle dans la nutrition de la plante (Collectif, 1997).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Sur l'homme et ses activités

Le myriophylle du Brésil est cultivé en Europe pour l'ornement des bassins extérieurs (Collectif, 1997).

Des composés phénoliques isolés de *Myriophyllum aquaticum* sont capables d'inhiber la croissance de cyanobactéries telles que *Microcystis aeruginosa* et *Anabaena flos-aquae*. Ces cyanobactéries se développent dans les eaux **eutrophes**, et forment parfois des blooms algaux. Certaines de ces algues contiennent des cyclopeptides toxiques pour les poissons et les invertébrés. Ces composés phénoliques pourraient donc, à terme, être utilisés pour l'amélioration de la qualité des eaux (Collectif, 1997).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Propagation végétative aisée, spectre écologique assez large ainsi qu'une certaine tolérance au froid font du myriophylle du Brésil un compétiteur aquatique potentiellement redoutable (Boulet, 2000). En effet lorsque l'espèce envahit un nouveau milieu, elle forme des herbiers denses et mono-spécifiques, donc élimination des autres espèces végétales. De plus, la **biomasse** importante, quand elle se décompose, peut créer un déficit en oxygène qui limite ou interdit la vie animale (Anonyme, 1999).

Des nuisances de nature et d'ampleur variables sont créées par les proliférations de *Myriophyllum aquaticum*. Hormis des réductions de la biodiversité, elle engendre par exemple des risques accrus d'inondation à l'aval des plans d'eau, des réductions des capacités de drainage des réseaux de fossés et des gênes pour la navigation ou la pêche (Dutartre, 2001). Elles accélèrent également le comblement des milieux par piégeage du sédiment et accumulation de matière organique morte (Anonyme, 2000).

Selon les contextes locaux et sans que les informations disponibles permettent d'en définir les causes, cette plante semble largement dominée par les jussies dans certaines régions, comme par exemple les Landes, alors que dans d'autres sites, comme la Vendée, elle semble actuellement présenter une capacité invasive notablement supérieure (Dutartre, 2001).

Sur l'homme et ses activités

La présence même de l'herbier constitue une gêne pour les activités de pêche, de sports nautiques et de baignade (Anonyme, 1999).

REGULATION NATURELLE

Le courant : le myriophylle du Brésil, ne s'implante pas dans les cours d'eau à courant moyen ou rapide. Il ne semble pas s'installer non plus dans les secteurs des plans d'eau où les eaux sont agitées (Anonyme, 1999).

La lumière : les milieux ombragés sont peu colonisés par cette espèce et s'ils le sont, il n'y a pas de prolifération (Anonyme, 1999).

La consommation : aucune donnée n'est disponible indiquant la consommation de cette espèce par des herbivores (Anonyme, 1999).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

L'écologie de l'espèce est encore mal connue et les opérations de lutte nécessitent un suivi régulier pour maîtriser le potentiel de prolifération élevé sur les milieux qui lui sont favorables (Anonyme, 2000).

Régulations directes

Des travaux **d'arrachage mécanique** ont été réalisés au Portugal depuis plus d'une décennie. En France, des interventions ont eu lieu sur des plans d'eau, des fossés de drainage et des cours d'eau dans les Landes, en Vendée et en Loire Atlantique. Les matériels employés sont soit des pelles mécaniques dans les milieux de faible largeur (fossés et petits cours d'eau) soit des engins flottants (pontons ou bateaux) (Dutartre, 2001). Cette technique a montré son efficacité lorsque des opérations importantes d'arrachage mécanique ont été réalisées suivies d'opérations légères d'arrachage manuel. L'opération mécanique initiale peut s'avérer coûteuse (23 à 30 euros par m³ de plantes arrachées), mais l'entretien manuel régulier ne nécessite pas un personnel important. L'expansion de l'espèce sur un site peut donc aisément être maîtrisée une fois les principaux herbiers éliminés. Selon les cas, l'arrachage mécanique peut être réalisé depuis la rive avec du matériel classique, ou nécessite l'installation de pelles hydrauliques sur des barges (Anonyme, 1999).

L'opération de **dragage** réalisée sur un étang a été efficace cependant elle nécessite également un entretien manuel régulier mais léger (Dutartre, 2001).

Le recours à des **herbicides** a été également largement testé. Différents essais et interventions ont été mis en place au Portugal ; parmi les produits utilisés, seul le glyphosate est homologué en France. Il a donné satisfaction dans les essais les plus récents. Dans la comparaison réalisée avec des interventions mécaniques, il semble que les applications d'herbicides donnent une durée d'action plus importante à l'intervention, pour des coûts inférieurs (Dutartre, 2001).

En France, quelques traitements à l'aide de glyphosate ont également été effectués en Vendée et en Loire Atlantique (Dutartre, 2001) ; des essais de traitement ont aussi été réalisés avec des herbicides homologués pour les milieux aquatiques (Diquat, Round-up). Seul le dernier produit cité a donné des résultats probants, mais son utilisation nécessite toujours des précautions d'emploi importantes par rapport aux risques de pollution de l'eau. De plus l'efficacité est plus grande si cette technique est couplée à des opérations d'arrachage (Anonyme, 1999).

La lutte biologique : l'emploi de la carpe chinoise (*Ctenopharyngodon idella*) a été expérimenté au Portugal : *Myriophyllum aquaticum* n'a pas été consommé par des poissons d'âge 0+ et 1+ ; dans des essais où les poissons étaient en très grand nombre, la plante a été la moins consommée de toutes (Dutartre, 2001).

L'introduction dans un site fortement colonisé en Afrique du Sud d'une espèce de coléoptère du genre *Lysathia* a donné des résultats satisfaisants : ce coléoptère spécifique de la plante a été suivi sur une période de 3 ans et a permis de faire regresser le recouvrement du milieu de 50 à 20 % (Dutartre, 2001).

Si la lutte contre la prolifération du myriophylle du Brésil peut nécessiter des moyens coûteux, les taux de réussite semblent plus importants que pour d'autres espèces problématiques (lagarosiphon, jussies). Toutefois, comme pour ces autres plantes. Il est nécessaire de mettre en place une gestion à long terme pour maîtriser l'expansion de l'espèce sur les sites où elle s'est implantée (Anonyme, 1999).

Régulations indirectes

Dans les cours d'eau, il serait nécessaire de limiter les zones de ralentissement artificiel du courant au strict minimum et de maintenir ou de restaurer les **ripisylves** sur les secteurs à courant faible ou nul (Anonyme, 1999).

POUR EN SAVOIR PLUS

Spécialiste

Monsieur **Alain Dutartre**, Unité de Recherche Qualité des eaux
Cemagref, 50, avenue de Verdun, 33612 Cestas cedex
E-mail : alain.dutartre@bordeaux.cemagref.fr

Bibliographie

- Anonyme. (1999). Jeu de fiches concernant les principales espèces rencontrées sur le bassin Adour-Garonne, pp. 31. Groupe d'Etudes et de Recherche en Ecologie Appliquée de Bordeaux-Montesquieu.
- Anonyme. (2000). Prolifération des plantes aquatiques, vol. 2002. Conseil général des Landes.
www.cg40.fr/doc/algues.pdf.
- Anonyme. (2002). Le Myriophylle du Brésil (biologie), vol. 2002. Conseil général des Landes.
www.cg40.fr/fr_vivre_environnement_biolo_myrio.asp.
- Boullet, V. (2000). Le Myriophylle du Brésil fait aussi carnaval en Flandres ! In *Le jouet du vent, lettre d'information semestrielle du Centre Régional de Phytosociologie/Conservatoire Botanique National de Bailleul*, vol. 7, pp. 5.
- Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.
- Dutartre, A. (2001). *Myriophyllum aquaticum* (vell.) Verd Le myriophylle du Brésil. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 99-101. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Le nénuphar jaune (stéonaturalisé ?, introduit ?), lis d'étang, jaunet d'eau, volet d'eau, herbe aux moines, nuphar jaune *Nuphar lutea* (L.) Smith.

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Magnoliopsides
O :	Nymphaeales
F :	Nymphaeacea

BIOLOGIE

Description

Le nénuphar jaune est une plante herbacée aquatique, vivace, à gros **rhizome** enfoui dans la vase (Lambinon et al., 1992). Ses rhizomes sont marqués de cicatrices et portent de nombreuses racines, **pédoncules** et **pétioles** (Anonyme, 2002).

Les feuilles sont ovales à **orbiculaires** avec un profond sinus basal, **alternes**, simples et flottantes, leur **limbe** est plus long (jusqu'à 40 cm) que large. Elles sont portées par de longs pétioles (Lambinon et al., 1992). Leur face supérieure est verte tandis que celle inférieure est violacée (Anonyme, 2002).

La fleur de nénuphar est solitaire et **hermaphrodite**. Elle s'ouvre à la surface de l'eau et mesure de 4 à 5 cm de diamètre. A symétrie radiaire, cette fleur est constituée généralement de 5 **sépales** jaunâtres obovales à suborbiculaires, les **pétales** sont jaunes, nombreux et à insertion spiralée (Lambinon et al., 1992). Ces derniers sont terminés par un **onglet**. Cette fleur est disposée à l'extrémité d'un long pédoncule non ramifié (Anonyme, 2002).

Les **étamines** sont nombreuses et insérées en spirale. L'ovaire est **supère** avec 1 à plusieurs ovules par loges (Lambinon et al., 1992), de son centre s'élève un **style** en entonnoir marqué par de nombreux rayons. Le fruit mûrit au-dessus de l'eau (Lambinon et al., 1992). De forme conique, il contient plusieurs graines flottantes (Anonyme, 2002).

Nuphar lutea fleurit de juin à août, les parties végétatives de la plante sont observables tout au long de l'année (Anonyme, 2002).

Reproduction et propagation

Même si la fécondation a lieu, le rendement de germination des graines est souvent faible. Par exemple, dans un bras mort du Rhône, malgré une production de 600 graines/m², *Nuphar lutea* ne colonise le milieu que grâce à l'extension de son rhizome ou par et/ou par fragmentation de celui-ci (Collectif, 1997).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Nuphar lutea serait originaire d'Amérique du Nord (Anonyme).

DISTRIBUTION ACTUELLE

Le nénuphar jaune est peu commun dans le Bassin Artois-Picardie, il se développe en abondance sur quelques sites comme sur le canal de la Basse Colme à Bergues, mais ce comportement reste localisé.

BIOTOPES

Le nénuphar jaune aime les eaux calmes (étangs ou cours d'eau à courant lent) de 1 à 3 m de profondeur (Anonyme, 2002). Il se développe sur des substrats vaso-limoneux. Sa présence est une bonne indication des eaux à pH basique, **eutrophes** à **oligotrophes**, il tolère même les pollutions urbaine et industrielle (Godin, 2000).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Cette plante attachée au fond de l'étang ou du cours d'eau offre un bon abri aux **frais** des poissons et un support aux pontes d'insectes ou de batraciens en raison de la densité de ses touffes. Les herbiers qu'elle forme servent également de garde-manger, d'abri pour les jeunes (Prévost, 2001).

Sur l'homme et ses activités

Le nénuphar jaune appartient aux hydrophytes utilisés pour le traitement des eaux usées (Godin, 2001).

Nuphar lutea a des usages piscicoles et est aussi utilisé dans l'alimentation du bétail (Godin, 2001), en effet, ses rhizomes contiennent de la fécule (Masclef, 1891).

Le nénuphar jaune est une plante ornementale, à ce titre, elle est vendue dans des pépinières (nombreux sites Internet de jardinerie et pépinières).

Nuphar lutea est une plante médicinale, ses rhizomes contiennent des substances médicinales (hypotensives et antidiarrhéiques) souvent utilisées en industrie pharmaceutique (Delaveau et al., 1977).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Le développement rapide de cette espèce peut les rendre gênantes car la quantité de matières organiques que les plants produisent contribuent à l'envasement de l'étang (Prévost, 2001).

Le nénuphar jaune en tant que plante aquatique et amphibie, lorsqu'il se développe en abondance, participe au comblement des milieux qu'il colonise en piégeant les sédiments et du fait de l'accumulation de matière organique les pieds meurent (Anonyme, 1999).

Dans les fossés, il diminue l'efficacité de l'assainissement en ralentissant le courant et en provoquant un rehaussement du niveau de l'eau à l'amont des herbiers, le niveau pouvant alors être au-dessus d'éventuels drains. Dans les cours d'eau, le même phénomène de ralentissement a lieu, ce qui change les paramètres physico-chimiques de l'eau et va modifier la faune et la flore aquatiques (Anonyme, 1999).

Sur l'homme et ses activités

Sur les lieux de pêche, les herbiers de nénuphar jaune importants gênent les activités de pêche : les hameçons et les fils s'emmêlent dans les tiges de plantes (Anonyme, 1999).

Cette espèce peut constituer une gêne physique pour la pratique de diverses activités de loisir (baignade, nautisme) (Anonyme, 1999).

REGULATION NATURELLE

Nuphar lutea est donc adapté aux milieux de notre région. Son abondance est donc naturellement régulée par le jeu des facteurs limitants, de la compétition ou de la consommation par des herbivores.

Les cas de réelles proliférations sont rares et issus de perturbations humaines.

Les autres cas correspondent à des abondances trop élevées par rapport aux usages du milieu mais ne sont pas forcément des proliférations d'un point de vue écologique (Anonyme, 1999).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

Comme pour les plantes exotiques, des moyens de lutte mécanique, chimique ou biologique peuvent être envisagés. Toutefois il faut rappeler que l'élimination du nénuphar jaune n'est pas souhaitable.

La fauche ou le faucardage répété au cours des ans, sans éliminer les herbiers, les maintient à un niveau acceptable par rapport aux activités humaines. Le principal défaut observé dans la plupart des cas est l'absence de récolte du matériel fauché qui participe donc à l'eutrophisation et au comblement du milieu (Anonyme, 1999).

Les cas de prolifération observés chez le nénuphar proviennent le plus souvent de perturbations du fonctionnement des milieux dues aux activités humaines. La suppression de ces perturbations permettra donc de réguler le développement des herbiers.

Dans les cours d'eau l'absence de ralentissement du courant et le maintien des crues printanières limitent ou annulent les risques de développement de grands herbiers (Anonyme, 1999).

POUR EN SAVOIR PLUS

- Anonyme. Les plantes à feuillages flottants, vol. 2002.
<http://lesbeauxjardins.com/amenagement/aquatique/plantes/nenuphars.htm>.
- Anonyme. (1999). Jeu de fiches concernant les principales espèces rencontrées sur le bassin Adour-Garonne, pp. 31. Groupe d'Etudes et de Recherche en Ecologie Appliquée de Bordeaux-Montesquieux.
- Anonyme. (2002). *Nuphar lutea* (L.) Sm. Nénuphar jaune, vol. 2002.
http://perso.club-internet.fr/gentric/nup_lut.htm
- Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.
- Delaveau, P., Lorrain, M., Mortiez, F., Rivelier, C., Rivolier, J. & et Schweitzer, R. (1977). *Secrets et vertus des plantes médicinales.*, Paris édition.
- Godin, J. (2000). Caractéristiques écologiques des groupements d'hydrophytes. Cours de l'option "Ecosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Godin, J. (2001). Actions et utilisations de la végétation littorale et benthique. Cours de l'option "Gestion des écosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Lambinon, J., De Langhe, J. E., Delvosalle, L. & Duvigneaud, J. (1992). *Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines*, éditions du patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.
- Masclef, A. (1891). *Atlas des plantes de France utiles, nuisibles et ornementales*, Librairie des Sciences Naturelles édition.
- Prévost, C. (2001). Les plantes d'étang, vol. 2002. http://sea-river-news.com/18_5.htm.

Les hydrophytes flottants

La description des hydrophytes flottants exotiques est subdivisée en 3 fiches :

1. *Lemna turionifera* Landolt : **la lentille d'eau rouge**, espèce exotique ;
2. *Lemna minuscula* Herter : **la lentille d'eau minuscule**, espèce exotique ;
3. *Azolla filiculoïdes* Lamarck : **l'azolla fausse-fougère**, espèce exotique.

La lentille d'eau rouge (amphi/archéonaturalisée)

Lemna turionifera Landolt

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Liliopsides
O :	Arales
F :	Lemnaceae

BIOLOGIE

Description

La lentille d'eau rouge se distingue des autres lentilles d'eau, d'une part par son pigment rouge d'**anthocyanines**, provoquant une teinte pourpre générale, partielle ou limitée à l'insertion des racines, et d'autre part par ses **turions**. Ses **frondes** sont un peu plus petites que celles de *Lemna minor* (Müller, 2001c).

Reproduction et propagation

Lemna turionifera diffère nettement des autres espèces de lentilles d'eau du genre *Lemna* par son cycle de développement : comme *Spirodela polyrhiza*, elle disparaît en automne (entre septembre et novembre) pour hiberner au fond des eaux sous forme de petits turions d'un vert olive dépourvus de racines. A partir de mars ils remontent à la surface où ils développent de nouvelles frondes. Celles-ci se multiplient ensuite par fragmentation (Müller, 2001c).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Lemna turionifera est très abondante dans la zone continentale de l'Amérique du Nord et bien plus rare en Asie. En Europe, elle a été observée pour la première fois en 1983 près de Hambourg. Un doute subsiste toutefois sur son caractère **xénophyte** ou indigène, compte tenu des facilités de confusion avec d'autres espèces, surtout avec *Lemna minor* (Müller, 2001c).

DISTRIBUTION ACTUELLE

En France, cette espèce n'a été découverte pour le moment que dans le Nord-Est, en Alsace et en Lorraine ainsi que dans le Nord du pays (Müller, 2001c). Toutefois dans sa carte de répartition couvrant l'Europe et la Turquie, Landolt (1990) délimite également les zones dans lesquelles l'espèce pourrait exister compte tenu des conditions climatiques (Landolt, 1990).

Dans le **bassin Artois-Picardie**, la lentille d'eau rouge est supposée absente au nord et rare au sud.

BIOTOPES

D'après les données collectées en Allemagne, *Lemna turionifera* marque une préférence pour les eaux :

- stagnantes de faible étendue, claires ou troubles, se réchauffant facilement,
- à conductivité variable, de 200 à 1200µs, et pH de 7 à 9,
- **eutrophes**, à teneurs élevées en ammonium et orthophosphates, mais **oligosaprobés**,
- à biotopes bien éclairés, non ou peu perturbés.

L'espèce se développe généralement en compagnie de *Lemna minor*, *L. gibba*, *Spirodela polyrhiza*, mais rarement *L. minuta* (Müller, 2001c). Wolf (1995) a caractérisé un groupement à *Lemna turionifera*, qui diffère de l'habitat optimal de *Lemna minuta* par son caractère plus éclairé et de ce fait plus facilement échauffable, ainsi que son eau toujours stagnante (Wolff, 1995).

IMPACTS POSITIFS

Du fait de leurs similitudes morphologiques et écologiques, il est fort probable que cette espèce ait les mêmes impacts positifs que les espèces indigènes, mais peu d'études ont été menées à ce sujet pour l'instant.

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Comme pour les autres espèces de lentilles d'eau, la prolifération de *Lemna turionifera* forme des tapis à la surface de l'eau qui empêchent la pénétration de la lumière et les échanges gazeux avec le milieu aquatique. Des conditions d'**anaérobie** peuvent en résulter. Ces nuisances restent toutefois très localisées dans nos régions (Müller, 2001c).

Sur l'homme et ses activités

Les tapis denses de *Lemna turionifera* peuvent constituer une gêne physique pour des activités nautiques comme la navigation ou la baignade, mais aussi pour la pêche. Cependant aucune référence ne relate ce genre de problèmes dans notre bassin.

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

En cas de nécessité, le contrôle des lentilles d'eau rouge peut se faire de 3 façons : manuelle, chimique et biologique (Godin, 2001) :

1. Le **contrôle manuel** : la première opération consiste à concentrer les lentilles d'eau par des madriers, des filets, des barrages flottants type anti-pollution. La récolte est manuelle ou mécanique (pompe). Le stockage se fait dans des remorques agricoles ou trémies à facilité d'égouttage. En ce qui concerne le devenir des plantes récoltées, l'épandage agricole semble être la meilleure solution (Godin, 2001).
2. Le **contrôle chimique** : à base de paraquat, présente des inconvénients tels que l'augmentation de la charge et des sédiments, des effets toxiques secondaires, et un coût relativement important (Godin, 2001).
3. Le **contrôle biologique** est assuré par des animaux : carpe chinoise (*Ctenopharingodon idella*) ou oiseaux :
 - Le contrôle par les carpes présente les inconvénients suivants : risque d'évasion et de reproduction (il s'agit d'une espèce exotique) ; efficacité limitée en eau froide, car ce poisson nécessite une température de 15 à 20 °C.
 - Les oiseaux (oies, cygnes et en particulier les canards) avec une densité de 5 à 8 individus par hectare ont une action préventive. Cependant, ils troublent la végétation, enrichissent le milieu par leurs excréments et nécessitent d'être sédentarisés (Godin, 2001).

POUR EN SAVOIR PLUS

Godin, J. (2001). Actions et utilisations de la végétation littorale et benthique. Cours de l'option "Gestion des écosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.

Landolt, E. (1990). Über zwei seit kurzer Zeit in Europa neu Beobachtete *Lemna*-Arten. In *Razprave IV Rasreda Sazu*, vol. 31, pp. 127-135.

Müller, S. (2001c). *Lemna turionifera* Landolt; la lentille d'eau rouge. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 91-92. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Wolff, P. (1995). Zur Soziologie und Ökologie von *Lemna turionifera* Landolt, einer fû des Niederrhein und die Niederlande neuen Wasserlinse. In *Decheniana*, vol. 148, pp. 51-58.

La lentille d'eau minuscule (amphi/archéonaturalisée ou indigène ?)

Lemna minuta Humb., Bonpl. et Kunth. ; *Lemna minuscula* Herter.

D :	Spermatophytes
ss-D :	Angiospermes
Cl :	Liliopsides
O :	Arales
F :	Lemnaceae

BIOLOGIE

Description

Lemna minuta a des **frondes** plus petites (0,8 à 4 mm) que *Lemna minor* (1 à 8 mm), mais elle peut être facilement confondue avec des jeunes individus de cette espèce. Toutefois l'extrémité **apicale** de *L. minuta* est souvent **obtus** ou sub-obtus alors qu'elle est toujours parfaitement arrondie chez *L. minor* (Müller, 2001b). La différenciation de *Lemna minor* et de *Lemna minuta* se fait par la détermination du nombre de **nervures** sur la partie inférieure de la **fronde**. Ces dernières sont généralement visibles par transparence. *Lemna minuta* a une seule nervure assez bien visible ; *Lemna minor* en a 3 faiblement marquées. C'est la nervure unique de *Lemna minuta* qui lui confère la forme de « toit » bien visible en lumière rasante (Simon, 1991). Enfin les frondes de *L. minuta* sont plus minces, à bords presque translucides (Müller, 2001b).

Reproduction et propagation

La floraison et la fructification de cette espèce avaient déjà été signalées au lac Marion sous le climat du Sud-Ouest de la France, mais celle-ci n'a pas été observée plus au nord. *Lemna minuta* résiste cependant plus au froid que *L. minor*. Ainsi, en automne, *L. minor* régresse rapidement de la surface de l'eau, de telle sorte que la lentille d'eau minuscule subsiste pratiquement seule en novembre, même après les gelées. Puis lors de l'abaissement de la température, un nombre restreint d'individus restent en vie. Ils réduisent leur surface par épaissement et s'enfoncent sous la surface de l'eau. Ils sont alors pris dans la glace où la température est moins basse qu'à l'air libre. Au printemps, ils remontent à la surface et développent de nouvelles frondes qui se multiplient par **reproduction végétative**. L'espèce peut être aisément disséminée par les oiseaux d'eau (Müller, 2001b).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Lemna minuta est originaire d'Amérique (Nord et Sud). Elle a été observée pour la première fois en Europe en 1965 dans le lac Marion près de Biarritz, dans les Pyrénées-Atlantiques et rapportée à l'époque à *L. valdiviana* Philippi. La première récolte de l'espèce aurait été faite en 1950 dans la région de Bordeaux. L'espèce a ensuite été découverte en Allemagne près du Rhin en 1966, puis en plaine d'Alsace et en Suisse en 1975 ainsi qu'en Angleterre près de Cambridge en 1977, ce qui marqua le début de son expansion dans toute l'Europe Occidentale et Centrale (Müller, 2001b).

DISTRIBUTION ACTUELLE

En France, la lentille d'eau minuscule a d'abord été observée dans le Sud-Ouest, puis en plaine du Rhin. Elle a ensuite été découverte en abondance, dans les bassins de la Loire, de la Somme, de la Moselle ainsi que de la basse vallée du Rhône. Mais il est vraisemblable que l'espèce est bien plus répandue dans notre pays, étant assez difficile à distinguer de *Lemna minor* (Müller, 2001b).

Dans le bassin Artois-Picardie, Simon (1991) a étudié la répartition de la lentille d'eau minuscule dans le bassin de la Somme. L'ensemble des relevés a été réalisé début octobre 1990. C'est à cette époque que la végétation aquatique atteint son développement maximum. Il conclut que *Lemna minuta* est largement répandu dans le bassin de la Somme où il est souvent l'hydrophyte flottant majoritaire. Son extension aux affluents : Ancre, Avre et Airaines est remarquable (Simon, 1991).

Dans la région Nord/Pas-de-Calais, cette plante est présumée rare. Elle est néanmoins présente sur plusieurs stations, et elle a récemment été découverte dans un fossé de la tourbière de Vred près de Saint-Amand-les-Eaux (communication orale). Toutefois, comme pour sa répartition nationale, il est probable qu'elle soit beaucoup plus étendue, étant difficilement dissociable de *Lemna minor*.

BIOTOPES

Lemna minuta est relativement peu exigeante quant aux conditions de température et de niveau trophique, mais son développement nécessite toutefois des hivers doux et des eaux **mésotrophes** à **eutrophes**. Comme *Lemna minor*, elle peut constituer de grandes populations dans les zones riveraines de cours d'eau lents et même assez rapides. Elle peut aussi couvrir de grandes surfaces dans les eaux calmes, le plus souvent ombragées et se réchauffant moins pour cette raison *Lemna minuta* est relativement peu exigeante (Müller, 2001b).

L'association à *Lemna minuta* et à *Azolla filiculoides* a été définie dans le bassin de la Loire. Ces deux **néophytes** d'origine américaine s'y développent en compagnie de *Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza*, dans des cuvettes peu profondes (inférieurs à 1 m) et à eau calme de chenaux, relativement ombragés, en contact avec le fleuve. Les conditions écologiques sont très voisines dans les réseaux hydrographiques d'Europe moyenne (Müller, 2001b).

IMPACTS POSITIFS

Du fait de leurs similitudes morphologiques et écologiques, il est fort probable que cette espèce ait les mêmes impacts positifs que les espèces indigènes, mais peu d'études ont été menées à ce sujet pour l'instant.

Simon (1991), intègre la présence de ce **xénophyte** au calcul de l'indice biologique de la qualité des eaux.

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Comme pour les autres lentilles d'eau et azolla, la prolifération de lentilles d'eau minuscules forme des tapis denses à la surface de l'eau qui empêchent la pénétration de la lumière et les échanges gazeux avec le milieu aquatique. Des conditions d'**anaérobie** peuvent alors en résulter. Ces nuisances restent toutefois localisées dans nos régions (Müller, 2001b).

Tout comme les autres espèces de lemnacées, sa présence peut être une gêne mécanique aux activités nautiques et de pêche.

Sur l'homme et ses activités

Les tapis denses de *Lemna minuscula* peuvent constituer une gêne physique pour des activités nautiques comme la navigation ou la baignade, mais aussi pour la pêche. Cependant aucune référence ne relate ce genre de problèmes dans notre bassin.

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

En cas de nécessité, le contrôle des lentilles d'eau rouge peut se faire de 3 façons : manuelle, chimique et biologique (Godin, 2001) :

1. Le **contrôle manuel** : la première opération consiste à concentrer les lentilles d'eau par des madriers, des filets, des barrages flottants type anti-pollution. La récolte est manuelle ou mécanique (pompe). Le stockage se fait dans des remorques agricoles ou trémies à facilité d'égouttage. En ce qui concerne le devenir des plantes récoltées, l'épandage agricole semble être la meilleure solution (Godin, 2001).
2. Le **contrôle chimique** : à base de paraquat, présente des inconvénients tels que l'augmentation de la charge et des sédiments, des effets toxiques secondaires, et un coût relativement important (Godin, 2001).
3. Le **contrôle biologique** est assuré par des animaux : carpe chinoise (*Ctenopharingodon idella*) ou oiseaux :
 - Le contrôle par les carpes présente les inconvénients suivants : risque d'évasion et de reproduction (il s'agit d'une espèce exotique) ; efficacité limitée en eau froide, car ce poisson nécessite une température de 15 à 20 °C.

- Les oiseaux (oies, cygnes et en particulier les canards) avec une densité de 5 à 8 individus par hectare ont une action préventive. Cependant, ils troublent la végétation, enrichissent le milieu par leurs excréments et nécessitent d'être sédentarisés (Godin, 2001).

POUR EN SAVOIR PLUS

Godin, J. (2001). Actions et utilisations de la végétation littorale et benthique. Cours de l'option "Gestion des écosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.

Müller, S. (2001b). *Lemna minuta*. Humb., Bonpl. et Kunth. ; la lentille d'eau minuscule. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 87-89. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Simon, M. (1991). *Lemna minuscula* Herter, espèce nouvelle pour la Somme. In *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest*, vol. 22, pp. 197-206.

L'azolla fausse-fougère (amphi/archéonaturalisée)

Azolla filiculoides Lamarck.

D :	Ptéridophytes
Cl :	Filicopsides
O :	Salviniales
F :	Azollaceae

BIOLOGIE

Description

L'azolla fausse-fougère est une minuscule plante aquatique, de dimensions réduites (0,5 à 5 cm), formant des tapis flottants d'un vert bleuté, puis rougeâtre à la surface des eaux stagnantes (Müller, 2001a).

Le lobe supérieur de la feuille est très **obtus**, et présente une large marge claire. Les feuilles, en forme d'écailles, mesurent moins d'un demi-millimètre de long. Elles sont bordées d'une large bande membraneuse (Collectif, 1997).

Le lobe supérieur possède une cavité dans sa face inférieure, qui héberge une **cyanophycée** : *Anabaena azollae*. Le lobe inférieur non coloré est de structure **scariuse**, et est supposé absorber de l'eau et des nutriments dissous, ce qui compense le faible développement des racines d'*Azolla* (Collectif, 1997).

Les feuilles sont **alternées** et se superposent en recouvrant la tige. Les frondes sont **pennées**. Chacune des feuilles est subdivisée en 2 lobes : le lobe supérieur (lobe dorsal) est épais, de couleur verte, et flotte à la surface de l'eau, tandis que le lobe inférieur (lobe ventral) est plus fin, sans coloration, et en contact avec l'eau dans sa partie basse (Collectif, 1997).

C'est une plante verte, qui peut se colorer en rouge grâce à des **anthocyanes** situées dans les lobes supérieurs des feuilles. Ceux-ci se développent à forte luminosité lorsqu'il fait froid. La couleur rouge prise par *Azolla* serait liée à un manque de phosphore dans l'eau pour certains auteurs. D'autres ont remarqué qu'elle prenait une couleur rouge une fois soumise à de forts éclaircissements, mais qu'elle gardait sa couleur verte si elle restait dans l'ombre (Collectif, 1997).

Les variations de durée de **photopériode** n'influent pas sur la synthèse d'anthocyanes. De même, cette synthèse peut se produire en présence ou en absence d'*Anabaena*. Certains facteurs inhibiteurs de la **photosynthèse**, tels que les dommages créés par les insectes, un fort pH ou une faible température associée avec l'arrivée de l'hiver, limiteraient l'utilisation de fortes lumières par la fougère et entraîneraient la formation d'anthocyanes. Durant les périodes de stress, les anthocyanes protégeraient l'appareil **photosynthétique** des dommages créés par une trop forte intensité lumineuse, en absorbant la lumière et en la convertissant en chaleur (Collectif, 1997).

Une deuxième espèce de ce genre, l'azolla de Caroline (*Azolla caroliniana*) avait été mentionnée dans les ouvrages anciens, mais selon Lambinon *et al.* (1992), ces deux noms sont synonymes (Müller, 2001a). Cependant d'autres auteurs les distinguent, les différences entre *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* sont : *A. caroliniana* est d'un vert plus foncé ; à l'automne, l'azolla fausse-fougère prend une couleur rouge « pur », alors que *A. caroliniana* prend une coloration rouge-brun ; le nombre de cellules formant les **trichomes** à la surface du lobe supérieur des frondes est différent : 1 pour *Azolla filiculoides*, et 2 empilées pour *A. caroliniana* ; les **glochidies** ne sont pas cloisonnées chez *A. filiculoides* ; la structure de la surface des **mégaspores** : chez l'azolla fausse-fougère, des groupements de poils fins et dispersés sont situés sur des protubérances d'environ 30 µm de large, dont certains semblent provenir de l'intérieur de ces protubérances, une ceinture équatoriale est présente tout autour de la **macrospore**. Chez *Azolla caroliniana* on peut observer une masse étalée, ainsi que des **papilles** de 3 à 4 µm de large qui émergent entre les poils, et l'absence de ceinture équatoriale (Collectif, 1997).

Reproduction et propagation

L'azolla fausse-fougère est un **hydrothérophyte** très fugace et imprévisible dans son comportement. Elle apparaît à un moment donné dans un lieu, disparaît l'année suivante et réapparaît en masse quelques centaines de mètres ou de kilomètres plus loin. Elle peut proliférer certaines années, probablement favorisées par des conditions climatiques particulières, puis disparaître presque totalement. Dans certaines situations, elle peut subsister au courant de l'hiver et prend alors une coloration rouge lie-de-vin caractéristique (Müller, 2001a).

Reproduction végétative

En été, elle présente une **multiplication végétative** très active par fragmentation de la tige (Müller, 2001a). Celle-ci est facilitée par la présence d'une couche d'**abscission** qui se développe au point d'attache entre la racine et le rameau (Collectif, 1997).

Reproduction sexuée

L'**appareil reproducteur** est constitué de **microsporocarpes** (mâles) et de **macrosporocarpes** (femelle) existant sur le même individu (espèce **monoïque**). Dans les conditions favorables, les **mégaspores** germent pour donner des **gamétophytes** femelles qui portent des **archéogones**. Les microspores vont germer pour donner des **prothalles** mâles qui produiront des **anthéridies**. Ces dernières vont libérer des **anthérozoïdes** qui vont aller féconder les **oospores** sous l'eau, dans l'archégone. L'embryon se développe dans le **mégasporocarpe** et le jeune **sporophyte** pousse à travers l'**indusie** (Collectif, 1997). Cependant sa fructification est irrégulière, la plante restant souvent stérile dans nos régions (Müller, 2001a).

Autres moyens de propagation

Il existe d'autres moyens de propagation pour l'azolla fausse-fougère. Comme d'autres petites plantes de surface les *Azolla* s'accrochent facilement aux pattes et aux plumes d'oiseaux qui les emportent vers de nouveaux milieux. Il en est de même pour les petits mammifères et les amphibiens, et peut-être même pour certains insectes aquatiques. Ces plantes sont aussi transportées par le bétail qui viennent boire, les outils agricoles ou les bateaux (Collectif, 1997).

Biomasse

Azolla filiculoides est une plante très prolifique qui peut doubler son poids tous les 3 à 7 jours. Des mesures réalisées dans le Marais Breton (Loire-Atlantique) donnent un ordre de grandeur de **biomasse** d'environ 50 g de poids sec par m² soit 500 kg par hectare, pour une couverture totale du fossé (Collectif, 1997).

ORIGINE GEOGRAPHIQUE ET MODALITES D'APPARITION EN FRANCE

Azolla filiculoides est originaire d'Amérique tropicale et tempérée. Cette ptéridophyte a été introduite en Europe au XIX^{ème} siècle dans des aquariums et des jardins botaniques, d'où elle s'est échappée. La première observation en France de cette espèce dans la nature a été faite dans les Deux-Sèvres en 1880 (Müller, 2001a).

DISTRIBUTION ACTUELLE

En France, elle est dispersée sur l'ensemble du territoire, avec toutefois une abondance plus marquée sur la façade atlantique, entre l'embouchure de la Loire et le sud des Landes. Elle est disséminée tout le long du Val de Loire, avec une abondance variable selon les années. Elle est localement abondante dans la vallée de la Somme, dans la Bresse et la Dombes, ainsi qu'à la confluence de l'Ille et du Rhin (Müller, 2001a).

Dans le bassin Artois-Picardie, cette espèce est assez commune à rare. On la trouve essentiellement dans la rivière Somme.

BIOTOPES

Azolla filiculoides occupe des eaux stagnantes, généralement **mésio-eutrophes** et **eurythermes**. Elle peut ainsi se développer dans des eaux relativement chargées en azote, mais sa **symbiose** avec une cyanobactérie : *Anabaena azollae*, lui permet également de vivre dans des milieux pauvres en azote (Müller, 2001a). En effet, cette algue bleue peut fixer l'azote atmosphérique dans ses **hétérocystes**. La fougère procure nutriments et protection à l'algue, et l'algue fournit de l'azote fixé probablement sous forme d'ammoniaque à *Azolla filiculoides* (Collectif, 1997).

Elle se développe ainsi dans des bras morts de rivière, boires des bords de Loire, mares ou petits étangs, canaux à cours très lents (Müller, 2001a). Compte tenu de sa petite taille et de sa facilité d'entraînement à la surface, elle se développe très rarement en masse sur de grandes superficies d'un seul tenant dépassant un ordre de grandeur de l'hectare, et seulement dans des milieux protégés des vents. Elle peut en revanche occuper des portions significatives de petits plans d'eau et de milieux aquatiques stagnants ou à faible courant, comme les fossés de drainage ou d'irrigation, pouvant même en couvrir toute la surface (Collectif, 1997).

De même que *Lemna minuta* avec laquelle elle est souvent associée, elle préfère des conditions partiellement ombragées et des eaux n'atteignant pas les températures les plus élevées (Müller, 2001a).

IMPACTS POSITIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Du fait de leurs similitudes morphologiques et écologiques, il est fort probable que cette espèce ait les mêmes impacts positifs que les espèces indigènes, mais peu d'études ont été menées à ce sujet pour l'instant.

Simon (1991), intègre la présence de ce **xénophyte** au calcul de l'indice biologique de la qualité des eaux.

Sur l'homme et ses activités

La symbiose avec une cyanobactérie et la rapidité de multiplication végétative de l'espèce sont à l'origine de l'utilisation de l'espèce comme engrais vert dans les rizières de nombreux pays (Müller, 2001a). D'ailleurs cette utilisation est de plus en plus fréquente puisque employer *Azolla* revient moins cher que l'usage des engrais chimiques. L'azote contenu dans la fougère représente 2 et 6 % du poids sec de la plante. De plus la dégradation d'*Azolla* est « lente, assurée et graduelle », ce qui fait d'elle un engrais intéressant. L'association *Azolla-Anabaena* est la seule association connue pour avoir des implications agronomiques (Collectif, 1997).

Azolla est constituée pour plus de 23 % par des protéines ce qui rend son utilisation intéressante pour l'alimentation bovine (Collectif, 1997).

Cette plante a l'avantage de posséder une forte capacité d'assimilation du phosphore, contrairement à d'autres espèces, et de pouvoir vivre dans les eaux à faible teneur en azote. Son utilisation est préconisée dans le traitement des eaux ménagères (Collectif, 1997).

La présence de cette fougère dans les rizières empêche la prolifération de mauvaises herbes, de par l'écran qu'elle oppose à la pénétration de la lumière (Collectif, 1997).

Appelée « mosquito fern » en anglais, l'*azolla* fausse-fougère empêche les moustiques de venir déposer leurs œufs, et empêche les larves de moustiques de venir respirer à la surface. Cependant, il est difficilement utilisable dans les contrées trop chaudes (Collectif, 1997).

Azolla contient une forte proportion de protéines et de graisses, garantes d'une très bonne production de méthane (Collectif, 1997).

IMPACTS NEGATIFS

Sur le milieu naturel et les autres espèces présentes

Du fait de son association avec une algue, *Azolla* peut se propager dans des eaux dont la concentration en azote est limitante pour la croissance d'autres espèces végétales. De plus, elle forme un tapis dense à la surface de l'eau, qui empêche la captation de rayons lumineux pour les espèces immergées sous-jacentes (Collectif, 1997).

Sous les tapis d'*azolla* fausse-fougère, la sédimentation des matières organiques est augmentée ; les concentrations de phosphore, de manganèse, de fer et d'azote augmentent à cause de la décomposition de la couche inférieure (*Azolla* peut se développer sur plusieurs couches superposées), ou à cause de leur libération par les sédiments. De plus, le film joue un rôle d'écran vis-à-vis du passage de l'oxygène de l'air dans l'eau. Les processus de décomposition sont alors favorisés et des conditions d'anaérobie peuvent se développer. Sous ces tapis denses, l'écosystème ne contient que des organismes très résistants. Le milieu est, entre autre, défavorable au développement des poissons (Collectif, 1997).

Donc lorsqu'elle colonise les eaux libres, l'*azolla* fausse-fougère peut former des tapis denses et épais à la surface de l'eau. Sur ces tapis peuvent alors se développer des plantes terrestres, ce qui contribue à la diminution des surfaces en eau libre. Sur le territoire français, les développements de cette espèce sont généralement très localisés et ne causent donc que des désordres limités, principalement dans certains réseaux de fossés en zones humides (Collectif, 1997).

Les tapis d'*azolla* sont sensibles à l'action du vent et du courant qui entraîne leur fragmentation. Si ces plantes fragmentées ne supportent pas les fortes intensités lumineuses et meurent rapidement, les sporocarpes, eux, se fragmentent difficilement et sont donc source d'infestation importante (Collectif, 1997).

Sur l'homme et ses activités

La prolifération d'azolla fausse-fougère forme des tapis denses à la surface de l'eau qui empêchent la pénétration de la lumière et les échanges gazeux avec le milieu aquatique. Des conditions d'**anaérobie** peuvent alors en résulter. Ces nuisances restent toutefois localisées dans nos régions (Müller, 2001b).

INTERVENTIONS HUMAINES / METHODES DE GESTION

En cas de nécessité, le contrôle des lentilles d'eau rouge peut se faire de 3 façons : manuelle, chimique et biologique (Godin, 2001) :

1. Le **contrôle manuel** : la première opération consiste à concentrer les lentilles d'eau par des madriers, des filets, des barrages flottants type anti-pollution. La récolte est manuelle ou mécanique (pompe). Le stockage se fait dans des remorques agricoles ou trémies à facilité d'égouttage. En ce qui concerne le devenir des plantes récoltées, l'épandage agricole semble être la meilleure solution (Godin, 2001).
2. Le **contrôle chimique** : à base de paraquat, présente des inconvénients tels que l'augmentation de la charge et des sédiments, des effets toxiques secondaires, et un coût relativement important (Godin, 2001).
3. Le **contrôle biologique** est assuré par des animaux : carpe chinoise (*Ctenopharingodon idella*) ou oiseaux :
 - Le contrôle par les carpes présente les inconvénients suivants : risque d'évasion et de reproduction (il s'agit d'une espèce exotique) ; efficacité limitée en eau froide, car ce poisson nécessite une température de 15 à 20 °C.
 - Les oiseaux (oies, cygnes et en particulier les canards) avec une densité de 5 à 8 individus par hectare ont une action préventive. Cependant, ils troublent la végétation, enrichissent le milieu par leurs excréments et nécessitent d'être sédentarisés (Godin, 2001).

POUR EN SAVOIR PLUS

- Collectif. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In *Les études de l'Agence de l'eau n°68*, pp. 199 pp.
- Godin, J. (2000). Caractéristiques écologiques des groupements d'hydrophytes. Cours de l'option "Ecosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Godin, J. (2001). Actions et utilisations de la végétation littorale et benthique. Cours de l'option "Gestion des écosystèmes". Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Müller, S. (2001a). *Azolla filiculoides* Lamarck. ; l'azolla fausse-fougère. In *Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain. Etat des connaissances et propositions d'actions.*, pp. 39-40. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages
- Simon, M. (1991). *Lemna minuscula* Herter, espèce nouvelle pour la Somme. In *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest*, vol. 22, pp. 197-206.