

Mise en place de priorités de recherche et de gestion sur les jussies (*Ludwigia* spp.) aux Etats Unis d'Amérique

Il semblerait bien que les jussies invasives qui sont maintenant bien connues en métropole pour leurs impressionnantes capacités de colonisation de très nombreux milieux aquatiques et humides, et pour les difficultés de leur gestion, continuent leur parcours planétaire. Un indice assez évident en est le rapport de Brenda J. Grewell et ses collègues daté de début 2016 qui présente des priorités de recherche et de gestion concernant trois taxons de *Ludwigia* ("*water primroses*") dans le contexte des Etats Unis d'Amérique.

[Grewell B. J., Netherland M. D., Skaer Thomason M. J. 2016. Establishing Research and Management Priorities for Invasive Water Primroses \(*Ludwigia* spp.\). Aquatic Plant Control Research Program. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/EL TR-16-2. Final report, 53 p.](#)

Traduction et synthèse Alain Dutartre (expert indépendant)
(relectures et compléments : Emmanuelle Sarat (UICN France), Jacques Haury (AgroCampusOuest))

Rédigé dans le cadre des programmes de recherches sur le contrôle des plantes aquatiques développés par le corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis (United States Army Corps of Engineers, Cf. encadré 1), ce rapport a pour objectif :

- de présenter aux gestionnaires des informations générales sur les espèces de *Ludwigia* invasives, en particulier celles présentes dans les états de la côte Pacifique et en Floride,
- d'informer gestionnaires et décideurs sur les enjeux de leur dispersion "agressive" ("*current aggressive spread*"),
- de fournir aux gestionnaires des priorités de recherche et de gestion destinées à combler les lacunes d'information sur les jussies, guider les actions permettant de prévenir d'autres introductions, répondre efficacement aux invasions et encourager les approches novatrices pour gérer de ce problème.

Un vaste programme et un large contenu, donc, pour ce rapport technique qui présente successivement des informations sur :

- l'historique des colonisations aux USA,
- les confusions possibles en matière de détermination,
- les informations actuellement disponibles en matière de génétique des taxons considérés,
- les impacts écologiques, économiques et (sociétaux ?) humains connus,
- une sélection d'écosystèmes impactés, en Californie, Oregon, Floride et Caroline du Sud,
- les techniques de gestion envisageables,
- des exemples de gestion en Californie, Oregon et état de New York,
- les recherches en cours.

Il se termine par des propositions identifiant huit priorités de recherche portant sur :

- la prévention et le confinement,
- l'identification précise des taxons,

- les besoins de meilleures compréhensions de leur écologie et des mécanismes et des phases de dispersion et de colonisation,
- les modalités de gestion spécifiques en fonction des taxons et des milieux,
- les implications des méthodes de gestion et de restauration des milieux sur les banques de graines,
- les méthodes de restauration des milieux pouvant réduire les impacts des taxons,
- les relations entre ces invasions et le changement climatique et les moyens d'y remédier.

Les auteurs indiquent que les taxons qui font principalement l'objet de ce rapport sont présents aux Etats-Unis depuis des décennies mais que leurs récentes invasions dans des milieux aquatiques de différents états sont devenues une préoccupation importante à laquelle des réponses doivent être apportées. Selon eux, il s'agit de trois taxons également connus en Europe et en France :

- *Ludwigia peploides* (Kunth) P. H. Raven ("*creeping water primrose*"),
- *Ludwigia hexapetala* (Hook. & Arn.) Zardini, H. Y. Gu & P. H. Raven ("*Uruguayan primrose-willow*"),
- *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet ("*large-flowered primrose-willow*").

Toutefois, rappelons qu'à notre connaissance les seuls taxons de Jussie invasives présents en France sont *L. peploides* subsp. *montevidensis* et *Ludwigia grandiflora* subsp. *hexapetala* (synonyme de *L. hexapetala*). Le taxon *Ludwigia grandiflora* (qui devrait d'ailleurs être identifié en tant que *L. grandiflora* subsp. *grandiflora*) ne semble pas présent en métropole (Jacques Haury, communication personnelle). Notons également que dans la plupart des cas, la dénomination de ces taxons dans les documents disponibles ne conserve que le nom d'espèce et ne mentionne pas la sous-espèce.

Taxonomie et génétique

Les auteurs signalent que subsistent des incertitudes concernant l'origine indigène ou exotique des taxons, en particulier pour *L. hexapetala*, et ce parce que les analyses génétiques qui leur ont été consacrées sont encore incomplètes.

Dans le court chapitre qu'ils consacrent aux risques de confusions taxonomiques, ils rappellent simplement la grande variabilité morphologique de ces plantes en fonction des conditions environnementales locales, rendant difficiles les identifications correctes, et contribuant ainsi à maintenir de telles confusions. La nomenclature taxonomique qu'ils utilisent se réfère d'ailleurs à des travaux récents¹.

Sur ce sujet, ils précisent également que presque toutes les espèces de *Ludwigia* peuvent se croiser et produire des hybrides vigoureux ("*vigorous hybrids*") qui peuvent être attendus en milieux naturels. Selon eux, de tels hybrides entre *L. grandiflora* et *L. hexapetala* sont déjà connus.

Rappelons sur ce point les difficultés rencontrées en métropole dans un certain nombre de cas dans les identifications des jussies invasives, en lien, au moins dans un premier temps, avec l'imprécision des clés de détermination disponibles dans la littérature. Les clés actuelles reposant sur des critères morphologiques des fleurs et surtout des stipules, permettent de différencier visuellement assez facilement *L. peploides* et *L. grandiflora* subsp. *hexapetala*.

¹ Wagner, W.L., P.C. Hoch and P.H. Raven. 2007. Revised classification of the Onagraceae. *Systematic Botany Monographs* 83: 1-240.

Hoch, P.C. and B.J. Grewell. 2012. *Ludwigia*. pp. 948-949 In Baldwin, B.G. (conv. ed.) *The Jepson Manual: Vascular Plants of California*, Second Edition. University of California Press, Berkeley, California.



Figures 1 et 2. Stipules de *L. grandiflora* (A) et de *L. peploides* (B). ©A. Dutartre

Les auteurs consacrent ensuite un chapitre plus long aux informations disponibles sur le niveau de ploïdie de chacun de ces trois taxons, c'est-à-dire le facteur multiplicatif du nombre de base des chromosomes du genre *Ludwigia*, et aux implications pour la recherche et la gestion de ces spécificités génétiques.

Le nombre de base des chromosomes de *Ludwigia* est de $n = 8$. *Ludwigia peploides* et ses sous-espèces reconnues sont diploïdes ($2n = 16$ chromosomes), *L. grandiflora* est hexaploïde ($2n = 48$ chromosomes), *L. hexapetala* est décaploïde ($2n = 80$ chromosomes).

Dans ce chapitre, ils fournissent diverses informations sur ces espèces, dont leur répartition sur la planète, des éléments descriptifs pouvant permettre leur discrimination visuelle et des indications sur les conditions de leurs développements en milieux naturels.

Ils terminent en signalant que la connaissance des niveaux de ploïdie de ces différents taxons présente un intérêt pour les gestionnaires. En effet, de nombreuses informations déjà disponibles montrent une relation positive entre le niveau de ploïdie et les capacités invasives des espèces, en particulier grâce à une vitesse accrue de division cellulaire ou à une augmentation des possibilités d'adaptations morphologiques des espèces aux conditions environnementales. Certaines espèces polyploïdes sont même plus tolérantes à la salinité ou à la sécheresse.

Ils remarquent que *L. hexapetala* pourrait ainsi être mieux équipée pour s'adapter aux évolutions des conditions climatiques et environnementales, correspondant à de meilleures capacités de propagation que *L. peploides*. Dans le contexte de la gestion de ces plantes, cela suggérerait aussi que des approches intégrées de gestion des espèces polyploïdes de *Ludwigia* pourraient être plus difficiles à mettre en œuvre que la gestion de *L. peploides*, et les gestionnaires auraient donc besoin de savoir quelles espèces ils ont à gérer pour recourir à la technique de gestion appropriée².

² "In a management context, this also suggests that integrated approaches to management of polyploid species of *Ludwigia* will be more challenging than management of *L. peploides*, and managers will need to know what species they are targeting in order to recommend the appropriate management technique."

Ecologie et impacts

La synthèse sur l'écologie de ces taxons et les impacts écologiques et économiques de leurs développements qui figure dans ce rapport actualise différentes informations en provenance d'Amérique (Nord et Sud) et s'appuie à diverses reprises, comme certains des autres chapitres, sur des publications françaises (une indication claire sur "*the longer-term experience in France*" figure d'ailleurs dans un des préambules du rapport). Elle n'apporte pas de nouveautés particulières sur ces aspects maintenant assez bien connus. Notons que nous n'y avons pas trouvé d'information sur les développements de formes "terrestres" de jussies qui commencent à poser de graves problèmes dans diverses zones humides de métropole.

Sélection d'écosystèmes impactés.

- D'une superficie de plus de 3 800 km², le **bassin versant de la Russian River en Californie du Nord** comporte un complexe de zones humides (la lagune de Santa Rosa), site Ramsar depuis 2011 d'environ 1 600 ha d'importance internationale pour la conservation d'habitats pour différentes espèces faunistiques (poissons, salamandres) et floristiques endémiques. Géré à l'échelle fédérale, le fleuve sert également de source d'eau potable pour les comtés de Sonoma et de Marin et d'eau d'irrigation pour différents vignobles "de valeur" ("*primarily premium wine grapes*"). *L. hexapetala* a fortement envahi le fleuve et ses zones humides, cette menace pour ces milieux venant s'ajouter aux modifications hydrologiques et à l'augmentation des charges en nutriments provenant des activités humaines.
- **La chaîne des lacs Kissimmee en Floride** est située dans le bassin versant amont du lac Okeechobee et des Everglades. Ce très vaste écosystème abrite une grande diversité biologique et une mosaïque exceptionnelle d'habitats. La chaîne de lacs comprend de nombreux lacs, cours d'eau tributaires, des plaines inondables et des marais sur environ 85 km². A cause de l'urbanisation, la rivière Kissimmee a été fortement aménagée depuis les années 60 et sa régulation pour l'alimentation en eau et la gestion des crues a eu pour conséquence des développements permanents de plantes invasives immergées. Des travaux de restauration écologique comportant une meilleure connectivité hydrologique sont en cours mais, récemment, *L. grandiflora* a envahi les lacs Kissimmee. Les raisons de cette invasion ne sont pas connues mais la dispersion de cette espèce peut mettre en danger l'écosystème des Everglades, en particulier en ce qui concerne les risques de désoxygénation des eaux et l'accumulation de sédiments organiques.
- Une partie du débit de la rivière Santee en Caroline du Sud est détournée vers les **lacs Santee Cooper** et la Rivière Cooper. Ces lacs sont utilisés pour produire de l'hydroélectricité, soutenir l'agriculture et les besoins urbains de la partie côtière de cet état. La jussie, identifiée en 2008 comme étant *Ludwigia uruguayensis* par le Département des Ressources Naturelles, cause des difficultés de gestion dans ces lacs, en particulier par son implantation sur leurs berges à près de 1 m de hauteur où elle est difficile à contrôler. Originellement installée sur les berges du lac Marion, elle a ensuite colonisé les herbiers denses d'*Hydrilla* (une Hydrocharitacée immergée) vers le centre du plan d'eau en y créant des tapis flottants limitant la navigation de plaisance et l'accès du public. D'autres dommages ont été constatés, tels qu'une dégradation de la qualité des eaux, l'obstruction de prises d'eau et la production d'énergie a été affectée.

- **La St. Johns River en Floride** fait partie des 14 rivières désignées par l'Agence de Protection de l'Environnement américaine comme rivière patrimoniale pour recevoir une attention particulière en matière de protection des ressources naturelles, historiques et culturelles. Ce fleuve possède le plus long cours de Floride et s'écoule vers le Nord sur environ 500 km avec une très faible pente naturelle (un des fleuves les plus paresseux du monde : "*one of the laziest rivers in the world*") dans un bassin versant de près de 23 000 km² abritant les principales zones humides de l'état. Un début d'invasion par *L. hexapetala* a été constaté et deux des principaux lacs dans la chaîne de plans d'eau créée par le fleuve, les lacs Harney et Monroe, sont touchés par cette colonisation.
- **La rivière Willamette dans l'Oregon** est aussi un cours d'eau patrimonial touché par une invasion de *L. hexapetala*. Elle rejoint le fleuve Columbia après un cours d'environ 300 km. *L. hexapetala* est présente dans le bassin versant depuis les années 40 mais n'est devenue une difficulté que très récemment, après des inondations d'anciennes gravières exploitées en tant que parcs. La plante se trouve maintenant dispersée en herbiers le long des rives du cours d'eau. Comme la Willamette abrite des espèces migratrices de salmonidés en voie de disparition et que sa protection, sa restauration et celle de ses zones humides et plaines inondables sont une priorité de l'état, les organismes gouvernementaux et les associations environnementales ont rapidement réagi à cette colonisation.



Figure 3. Exemples de milieux colonisés par les jussies aux USA : a) Russian river, b) Lagune de Santa Rosa, c) Feather river, d) Russian river, e) Colusa national wildlife refuge, f) Packer Lake, g) Chaîne des lacs Kissimmee en Floride, h) Lac Kumeyaay (Rivière de San Diego). © USDA

Techniques de gestion

Les méthodes de gestion envisageables pour ces taxons sont ensuite passées en revue. Les auteurs rappellent les besoins d'adaptations des mesures de gestion aux conditions environnementales des sites à gérer, couplées aux connaissances sur l'écologie des taxons. Après avoir signalé l'importance de la prévention, des mesures d'interdiction de vente des espèces (ce qui, à notre connaissance, n'est pas en application) et de programmes d'éducation du public, ils évoquent les différentes techniques utilisables. L'arrachage manuel est présenté³ comme une possibilité dans les cas de nouvelle invasion ou pour de faibles densités, l'arrachage mécanique pour des plantes bien établies. Les traitements chimiques sont cités comme pouvant remplacer ou être intégrés aux arrachages manuel ou mécanique. Après avoir indiqué que la législation française interdit les herbicides en milieux aquatiques depuis 2009 en raison des risques perçus⁴, les auteurs précisent que les gestionnaires au Royaume-Uni et aux États-Unis les ont utilisés avec un certain succès ("*managers in the UK and the U.S. have used herbicides with some success*") et que divers herbicides sont autorisés aux USA. Sur ce sujet, ils remarquent par ailleurs que des gestionnaires chargés des ressources en eau cherchent encore des alternatives à l'utilisation des herbicides, en particulier pour l'approvisionnement public en eau potable et dans la protection des habitats halieutiques et fauniques sensibles.

A propos des possibilités de lutte biologique, ils rappellent que *L. grandiflora* et *L. peploides* sont déjà identifiées en Europe comme des espèces candidates à la mise en place d'un contrôle biologique⁵.

Enfin, ils terminent en signalant l'intérêt de la réalisation des interventions avant la production des graines (et l'importance des banques de graines), la nécessité de retirer tout le matériel végétal des sites, les précautions pour retirer les fragments de plantes et les besoins de suivi post-traitement et de planification des efforts à long terme.

Sélection d'études de cas de gestion

Les auteurs indiquent que les efforts actuels de gestion des espèces de *Ludwigia* sont limités, que cette gestion a donné lieu à des succès et des échecs, qu'il n'existe pas de consensus sur les pratiques optimales de gestion et qu'il reste beaucoup à apprendre (ce qui n'a rien pour nous surprendre)...

- L'exemple de **La Peconic River**, sur Long Island à New York, est, selon les auteurs, un des meilleurs exemples de réussite de gestion. *L. peploides* a été observée pour la première fois en 2003 dans ce court fleuve de 24 km de longueur. En 2006, un programme d'éradication et de suivi a été mis en place avec différents partenaires. Il a mobilisé en 2009 438 bénévoles ayant passé 2 360 heures pour arracher manuellement 99 m³ cubes de *L. peploides*. Des panneaux d'informations ont été installés et un programme de prévention d'introduction de plantes non indigènes d'aquarium ou de jardins d'eau dans les lacs et les rivières naturelles mis en place⁶. Des interventions annuelles bénévoles de suivi et d'arrachage dénommées "*paddle the river*" ("pagayer la rivière"...)" semblent se poursuivre puisqu'une d'entre elles était programmée le 30 juin 2015.

³ Thiébaud, G. 2007. Non-indigenous aquatic and semiaquatic plant species in France. In: Gherardi F (ed) Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats. Springer, Dordrecht, pp 209–229.

⁴ Haury, J, Matrat R, Lambert E, Anras L, Dutartre A, Bottner B, Gentil E, Gressette S, Loriot S, Martinant S, *et al.* 2010. Manuel de gestion des plantes exotiques envahissant les milieux aquatiques et les berges du bassin Loire-Bretagne. Fédération des conservatoires d'espaces naturels, Orléans, France. 136 p.

⁵ Gassmann, A., M.J.W. Cock, R. Shaw, and C.R. Evans. 2006. The potential for biological control of invasive alien aquatic weeds in Europe: a review. *Hydrobiologia* 570: 217–222.

⁶ Peconic Estuary Program. 2009. *Ludwigia peploides* in the Peconic River. Peconic Estuary Program, Yaphank, New York. http://peconice.ipower.com/pdf/SCPE_v2.pdf

- **Laguna de Santa Rosa, comté de Sonoma, Californie.** La colonisation de cette grande zone humide dans le bassin versant de la Russian River par *L. hexapetala* a atteint des niveaux élevés. Une menace potentielle de développement de moustiques porteurs du virus "West Nile" a accéléré la mise en place d'un groupe de travail pour gérer cette invasion. Un programme d'un montant de plusieurs millions de dollar a été mis en œuvre durant trois ans en appliquant une approche intégrée combinant arrachage mécanique et applications d'herbicides (glyphosate et trichlopyr). Les interventions ont permis de réouvrir les voies d'eau colonisées mais avec des résultats temporaires, efficaces sur deux ans dans les secteurs aux eaux les plus profondes. La recolonisation des zones humides peu profondes à des degrés similaires à ceux avant interventions s'est produite en trois à quatre ans. Les auteurs indiquent qu'un contrôle durable n'a pas été atteint mais que des leçons importantes ont été tirées de ce programme pour améliorer les projets futurs ("*Sustainable control was not achieved, but the nonprofit group who managed the effort learned important lessons that may improve future projects*"). Par exemple, il est recommandé d'enlever autant de biomasse que possible avant d'utiliser des herbicides, de manière à éviter les désoxygénations importantes qui peuvent se produire lorsque les plantes traitées se décomposent dans la colonne d'eau⁷. De même, les canaux ayant fait l'objet d'arrachages mécaniques ont été recolonisés en trois ans aux mêmes niveaux, voire plus élevés, qu'avant les interventions, un entretien annuel aurait permis d'éviter ces repousses.
Les auteurs concluent que la gestion d'une plante invasive vivace comme *L. hexapetala* ne devrait pas être abordé comme une phase de court terme préalable à la restauration des zones humides et que les résultats des interventions auraient pu être améliorés par un engagement de gestion à long terme de *L. hexapetala* en tant que composante d'une restauration écologique globale ("*a commitment to long-term management of L. hexapetala as a component of comprehensive ecological restoration*").
- **Canal latéral ouest, Colusa, Sacramento Valley, Californie.** En même temps que le projet concernant la lagune de Santa Rosa, une équipe de biologistes du Sacramento National Wildlife Refuge Complex et de phytoécologues du département de l'agriculture des Etats Unis (USDA-ARS) a réalisé des expérimentations de contrôle de *L. hexapetala* dans des canaux du refuge national de vie sauvage de Colusa (Colusa National Wildlife refuge).
L'objectif était de tester et d'évaluer des modalités d'interventions pour en apprendre davantage sur les effets des techniques et mettre en œuvre la gestion adaptative nécessaire. Les méthodes intégrées ont comporté un enlèvement mécanique des plantes avec un bras hydraulique long équipé d'une fourche, couplé à des manipulations hydrologiques et à l'utilisation de glyphosate avec un surfactant autorisé, appliqué avec ou sans pulvérisation ponctuelle.
Concernant le recours aux herbicides, il s'agissait de déterminer la stratégie la plus efficace tout en minimisant leur utilisation. Les deux méthodes comportant les pulvérisations ponctuelles ont réussi, et sans interventions ultérieures de gestion, les zones traitées sont retournées en 3 ans à des conditions de colonisation comparables à celles avant les expérimentations.
Etant donné les coûts d'enlèvement mécanique, la méthode intégrée a été plus coûteuse à court terme, mais préférable au traitement chimique seul qui a donné lieu à une désoxygénation grave pendant des périodes prolongées ("*severe oxygen depletion in the water for extended periods*").

⁷ Meisler, J. 2009. Lessons from Ludwigia control in Sonoma County. Cal-IPC News. 17: 4,5,12.

- **Etangs du delta, Ville de Eugene, Willamette River, Oregon⁸.** Ces gravières restaurées et reconnectées à la rivière Willamette ont été colonisées entre 2007 et 2011 par *L. hexapetala* qui y menace les habitats du poisson et de la faune, dont des juvéniles du saumon Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) et les tortues *Actinemys marmorata* (Pacific pond turtle). En 2011 et 2012, la ville a mis en place de premières interventions d'arrachage manuel des herbiers aquatiques peu étendus et des applications d'herbicides (2% glyphosate, 2% triclopyr et une huile surfactante) sur les herbiers des zones terrestres humides adjacentes. En 2013, avec l'aide de différents organismes publics et des scientifiques de l'université de l'Oregon et de l'USDA-ARS, la ville a mis au point un programme pluriannuel (2013-2018) de gestion de *L. hexapetala* dans le site, avec pour objectif de réduire significativement ses populations et ses impacts, et les risques de sa dispersion vers l'aval. La gestion appliquée comporte toujours des arrachages manuels des herbiers de densité faible à modéré. Y sont venues s'ajouter des applications d'herbicides aquatiques (glyphosate et surfactant) concernant la principale zone aquatique colonisée. Une surveillance cartographique est réalisée pour évaluer la réponse des communautés végétales aux interventions afin de permettre d'éventuelles adaptations. À ce jour, trois ans après le début du traitement de confinement et une année après le traitement herbicide de la zone originellement colonisée, les interventions sont couronnées de succès ("*results of the effort have been very successful*").



Figure 4. Interventions de gestion de la jussie sur la zone naturelle des étangs Delta, Eugene, Oregon : arrachage manuel et application ciblée d'herbicides. © USDA

⁸

<http://eugene-or.gov/2458/Delta-Ponds-Ludwigia-Control>

Activités actuelles de recherche

Les auteurs constatent que les expansions rapides de ces taxons dans de nombreux sites dans les différents états concernés, y compris pour des sites particulièrement importants comme les Everglades, vont se poursuivre et semblent inévitables. Les efforts de gestion actuels sont limités, selon eux en partie à cause des confusions taxonomiques et en absence de consensus sur les meilleures pratiques de gestion, et il existe encore peu d'études publiées concernant l'invasion, la biologie et gestion des taxons de *Ludwigia* présents aux États-Unis.

Il leur apparaît nécessaire d'acquérir des données biologiques et écologiques de base sur les populations présentes dans les États-Unis en optimisant les efforts sur une variété de sites lotiques et lentiques.

Des recherches ont été entreprises dans les états de l'ouest américain (de la Californie à l'état de Washington) pour mettre à jour les informations taxonomiques et y préciser la répartition des taxons. Par exemple les analyses moléculaires de populations en Californie ont détecté très peu de variation génétique dans les populations de *L. hexapetala*, indiquant que le principal mode de reproduction de l'espèce y est clonale⁹. Des analyses similaires réalisées à partir d'échantillons de *Ludwigia* collectés dans le sud des Etats Unis devraient faire très prochainement l'objet d'une publication.

Ils indiquent que les études sur la biologie et l'écologie de ces espèces devraient entre autres porter, sur les banques de graines et leur fonctionnement dans diverses conditions hydrologiques ou sur la plasticité de *L. hexapetala* en fonction des régimes hydrologiques ou des gradients lumineux (ce taxon présentant le plus haut niveau de ploïdie présenterait les meilleures conditions d'adaptations aux variabilités écologiques).

Ils signalent que des études pluriannuelles d'évaluation des méthodes intégrées de gestion de ce taxon dans les canaux sont en cours d'achèvement, ainsi qu'une étude comportant une approche intégrée utilisant le pâturage des moutons pour éliminer la biomasse avant le labour des terres humides gérées pendant la saison sèche d'été au Colusa National Wildlife Refuge.

Enfin, une nouvelle collaboration est en cours entre le service de recherche du département de l'agriculture (USDA-ARS) et le corps des ingénieurs de l'armée des Etats-Unis (USACE), une suite du présent rapport technique étendant les efforts de recherche dans les objectifs suivants :

- évaluer la réponse en fonction de leur niveau de ploïdie des différents taxons de *Ludwigia* aux conditions environnementales telles que gradients de nutriments disponibles,
- améliorer la compréhension de la dispersion et de la dynamique de colonisation de *L. hexapetala*,
- évaluer la dynamique spatiale des herbiers de *L. hexapetala* dans la Russian River et déterminer les mécanismes et facteurs environnementaux la facilitant,
- déterminer chez *L. hexapetala* les cycles de production et d'allocation de biomasse en fonction de la qualité des eaux et des gradients de profondeur dans le bassin versant de la Russian River.

Identifier des priorités de recherche

Les auteurs rappellent que ces taxons invasifs sont une menace pour la biodiversité indigène et le fonctionnement des écosystèmes qui va s'accroître avec le commerce mondial et les changements climatiques prévus. La recherche est nécessaire pour améliorer la compréhension de la complexité de la biologie et des processus d'invasion écologique de ces taxons et fournir aux gestionnaires des

⁹ Okada M, B.J. Grewell, and M. Jasieniuk. 2009. Clonal spread of invasive *Ludwigia hexapetala* and *L. grandiflora* in freshwater wetlands of California. *Aquatic Botany* 91: 123–129.

recommandations sur les méthodes de prévention et de gestion de ces mauvaises herbes aquatiques ("*aquatic weeds*"). Comme leurs histoires de vie et leurs réponses aux conditions environnementales varient selon les taxons, des approches de gestion spécifiques peuvent être nécessaires et les stratégies de prévention et de contrôle devraient être adaptées aux conditions locales des invasions.

Ils ont ensuite listé huit priorités de recherche.

1. Connaissances visant à prévenir les invasions.

Si la dispersion des *Ludwigia* par les réseaux hydrographiques au sein des bassins versants est évidente, peu d'informations sont disponibles sur les introductions dans de nouvelles régions ou entre des bassins versants proches. Les voies d'introductions intentionnelles et accidentelles incluent les activités horticoles ou aquariophiles, le transport par les animaux ou par les activités humaines (remorques de bateaux).

Les auteurs rappellent l'importance de la détermination des provenances des plantes et de l'évaluation de méthodes permettant d'empêcher l'introduction et de limiter la diffusion à partir des sites d'invasion existants.

2. Identifier les taxons et en déterminer la répartition.

Pour les auteurs, l'identification précise et la compréhension de la répartition des espèces et des hybrides potentiels sont une première étape essentielle dans l'élaboration de stratégies de gestion, en particulier pour les projets de lutte biologique. Ils signalent que les récentes évaluations de risques sur les taxons de *Ludwigia* montrent bien la nécessité d'une étude plus approfondie de la taxinomie du genre. Après avoir rappelé les analyses moléculaires en cours aux Etats unis, ils précisent qu'une approche complète est nécessaire pour différencier les espèces, identifier les génotypes invasifs et comparer ces génotypes avec ceux de la gamme indigène d'espèces du genre, pour déterminer leur degré de parenté et l'origine des espèces localement envahissantes.

3. Améliorer la compréhension de l'écologie des dispersions et des phases de colonisation.

Des études intégrant des processus (tels que la dispersion, la colonisation et les phases de prolifération) et des caractéristiques clés des plantes (comme la disponibilité des propagules, la croissance ou la reproduction) sont nécessaires, de même pour mieux comprendre comment ces processus affectent les taxons dans différentes conditions environnementales. Les études sur les dynamiques de colonisation devraient inclure une évaluation des capacités compétitives des taxons et des interactions avec les autres espèces de plantes dans un contexte de changement au sein de bassins versants sur lesquels des données sont déjà disponibles, ceci pour éviter les conditions qui permettraient aux *Ludwigia* invasives de dominer les communautés végétales autochtones.

Des recherches pour comprendre comment ces processus fonctionnent à différentes échelles populationnelles et géographiques sont également nécessaires pour orienter la gestion dans diverses phases d'invasions et types d'habitat. Cette approche globale peut permettre d'identifier les zones vulnérables et alimenter les prévisions concernant différents scénarios de gestion en lien avec le changement climatique, le changement hydrologique et la disponibilité des ressources (lumière, nutriments, etc.).

4. Mécanismes induisant la dispersion

Il est nécessaire de comprendre ce qui déclenche l'expansion à partir d'herbiers épars de *L. hexapetala* qui finissent par s'installer en zones denses sur de grandes superficies. Pour mieux comprendre les modèles de répartition et d'abondance de *L. hexapetala*, des informations plus détaillées sur les variations interannuelles sont nécessaires. Certaines observations de terrain suggèrent que tous les zones non envahies subissent une pression continue de colonisation. La superficie d'autres herbiers se réduit au contraire dans certaines conditions hydrologiques. L'hypothèse initiale est que ces différences sont liées à des facteurs tels que la profondeur d'enracinement des plantes, la variabilité de cette profondeur au fil du temps et le degré de perturbation hivernale des sites, lorsque des inondations importantes peuvent considérablement modifier la morphologie de la rivière. Améliorer la compréhension de ce qui cause l'expansion ou limite le développement des plantes est important pour les gestionnaires chargés de la gestion quantitative des cours d'eau.

5. Quelles sont les meilleures stratégies de gestion selon les espèces et les habitats ? Quelles possibilités de contrôle biologique ?

Les auteurs remarquent que la littérature publiée sur l'efficacité des herbicides pour contrôler les jussies fait défaut et que les informations disponibles omettent souvent des détails essentiels pour que les gestionnaires puissent prendre des décisions locales pertinentes¹⁰. Des informations sont nécessaires selon les espèces pour préciser le meilleur moment d'intervention dans différentes conditions hydrologiques. De même, des informations sur les effets indirects des interventions de gestion sont souhaitées.

Les auteurs précisent également que les évaluations des stratégies devraient être réalisées dans un contexte de restauration écologique. Des gestionnaires de plus en plus nombreux désirent des alternatives à la lutte chimique, dans les sites où les espèces de *Ludwigia* colonisent des milieux utilisés pour la production d'eau potable et/ou pour la protection d'espèces de poissons en voie de disparition. Des insectes herbivores associés à *L. peploides* ont été identifiés dans le sud des Etats-Unis¹¹. Des espèces de *Lysathia* et d'*Altica* (coléoptères) ont été notées comme consommatrices de différentes espèces invasives de *Ludwigia* en Alabama¹², Californie¹³, Texas¹⁴, et en Argentine¹⁵. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si ces populations d'insectes peuvent être développées pour contrôler *Ludwigia* sur le terrain. Des études récentes sur le potentiel des agents de lutte biologique pour *L. hexapetala* et *L. peploides* ont été réalisées en Amérique du Sud, et des insectes herbivores potentiels qui méritent d'autres tests ont été identifiés.

Des études sont nécessaires pour clarifier l'origine et les génotypes spécifiques des espèces de *Ludwigia* aux Etats-Unis. Elles permettront de valider les futurs tests de spécificité d'hôte des insectes

¹⁰ "Published literature on the efficacy of herbicides to control water primroses is lacking, and anecdotal accounts often omit essential details for relevant, local manager decision-making."

¹¹ Harms, N.E. and M.J. Grodowitz. 2012. Herbivorous insects associated with *Ludwigia peploides* (Onagraceae) in the southern United States. *The Southwestern Naturalist* 57:123-127.

¹² McGregor, M.A., D.R. Bayne, J.G. Steeger, E.C. Webber, and E. Reutebuch. 1996. The potential for biological control of water primrose (*Ludwigia grandiflora*) by the water primrose flea beetle (*Lysathia ludoviciana*) in the southeastern United States. *Journal of Aquatic Plant Management* 34:74-76.

¹³ Carruthers, R.I., M.K. Franc, W.S. Gee, A.A. Cosse, B.J. Grewell, and J.J. Beck. 2011. Volatile emissions from the flea beetle *Altica litigata* (Coleoptera: Chrysomelidae) associated with invasive *Ludwigia hexapetala*. *Chemoecology* 21: 253-259.

¹⁴ Campbell, J. M., and W. J. Clark. 1983. Observations on host selection by *Lysathia ludoviciana* (Chrysomelidae), a beetle with potential for biological-control of certain aquatic weeds. *Texas Journal of Science* 35: 165-167.

¹⁵ Cordo, H.A. and C.J. DeLoach. 1982. The Flea Beetle, *Lysathia flavipes*, That Attacks *Ludwigia* (Water Primrose) and *Myriophyllum* (Parrotfeather) in Argentina. *The Coleopterists Bulletin*, 36: 298-301.

herbivores potentiels, en particulier dans les Etats du sud de la côte Est et du golfe du Mexique où de multiples espèces de *Ludwigia* existent et sont considérées comme indigènes.

6. Gestion des plantes et restauration des milieux. Implications des banques de graines

Le recrutement à partir des banques de graines des espèces de *Ludwigia* peut perpétuer les colonisations après les interventions de gestion. Il est possible le long des cours d'eau et d'autres milieux aquatiques présentant des fluctuations de niveaux d'eau qui le favorisent. Les banques de graines peuvent même jouer un rôle dans les îles de végétation flottante se développant sur des zones peu profondes au milieu de zones plus profondes de lacs ou de marais¹⁶.

Comme les capacités de reproduction sexuée semblent varier avec le niveau de ploïdie, des études sont nécessaires pour évaluer les conditions de germination et l'écologie de cette phase de vie des graines des espèces de *Ludwigia* présentant différents niveaux de ploïdie, et la dynamique des banques de graines dans différentes conditions environnementales, afin d'aider à la mise en place de techniques de gestion permettant d'appauvrir les banques de graines et d'améliorer la restauration des communautés végétales souhaitables.

7. Quelles actions de restauration pour réduire les effets négatifs?

Dans une étude concernant l'impact de *L. grandiflora* et d'autres macrophytes sur l'hypoxie dans les lacs Kissimmee en Floride, les chercheurs ont suggéré que l'élimination sélective des macrophytes et des sédiments créant des voies d'écoulement à l'intérieur des peuplements végétaux denses pourrait augmenter les concentrations en oxygène dissous et améliorer et étendre les habitats des poissons et de la faune¹⁷.

Les intérêts de telles solutions innovantes devraient être expérimentalement testés pour qu'elles puissent être mises en œuvre comme des techniques provisoires à faible coût tandis que des améliorations des méthodes de gestion de sites difficiles sont développées.

Des herbicides ont été appliqués à *L. grandiflora* sur des îles flottantes dans des lacs. Ces applications ont permis un contrôle efficace de l'espèce cible, cependant la végétation indigène a également été affectée et le recrutement ultérieur des espèces indigènes a été limité. Des études sont nécessaires pour évaluer les méthodes de traitement de *L. grandiflora*, les exigences de recrutement des espèces végétales désirables et les méthodes permettant de restaurer des communautés de graminées indigènes dans les lacs de Floride.

8. Comment vont répondre les espèces invasives de *Ludwigia* au changement climatique, et comment pouvons-nous nous préparer et réagir?

Les espèces invasives de *Ludwigia* incluent probablement des populations, parfois adaptées localement, qui peuvent différer dans leur capacité d'adaptation (plasticité) à l'évolution climatique et à d'autres conditions environnementales. Il semble souhaitable aux auteurs d'en savoir plus sur la plasticité phénotypique et l'adaptation locale car ce sont des facteurs qui ne sont généralement pas pris en compte dans les modèles de réponses des espèces aux changements climatiques, mais qui

¹⁶ Cherry, J.A. and L. Gough. 2006. Temporary floating island formation maintains wetland plant species richness: the role of the seed bank. *Aquatic Botany* 85:29-36.

¹⁷ Bunch, A. J., M. S. Allen, and D. C. Gwinn. 2010. Spatial and temporal hypoxia dynamics in dense emergent macrophytes in a Florida lake. *Wetlands* 30:429-435.

peuvent fortement influencer leur persistance et leur expansion^{18 19}. Selon eux, de simples modèles climatiques qui reposent sur la distribution des espèces dans leur aire de répartition naturelle et prévoient une distribution potentielle en dehors de cette aire ne sont pas suffisants pour les espèces de *Ludwigia* car elles ont déjà envahi des enveloppes climatiques très différentes de leur région d'origine.

Des recherches sont nécessaires pour évaluer l'adaptation génétique par rapport au degré de plasticité des populations régionales afin d'identifier les facteurs de différenciation de ces populations et les impacts de ces facteurs sur l'étendue de la niche écologique des espèces invasives. Cette information pourrait alors fournir aux gestionnaires des méthodes de gestion des processus permettant de contrôler la propagation des *Ludwigia* invasives en ce qui concerne le changement climatique et de nouvelles zones à risque d'invasion.

Ces recherches nécessitent d'obtenir à l'échelle des populations locales de *Ludwigia* des données sur la génétique et la variabilité phénotypique, à plus large échelle spatiale de réaliser des observations et expérimentations sur l'adaptation locale et la plasticité phénotypique de multiples cytotypes d'espèces de *Ludwigia*, et des expérimentations de "jardins communs" ("*common garden experiments*" ou transplantations d'espèces dans un environnement commun) pour évaluer les traits qui sont importants pour la persistance ou la disparition des espèces. En général, les dommages occasionnés par les herbivores aux plantes peuvent dégrader l'état des plantes et potentiellement diminuer leur capacité d'ajustement aux changements environnementaux²⁰. Des expériences pour tester les traits des *Ludwigia* invasives et les réponses des populations à des environnements changeants sous pression d'herbivorie pourraient éclairer les futures pratiques de lutte biologique tout en prenant en compte le changement climatique.

¹⁸ Reed, T.E., D.E. Schindler, and R.S. Wapales. 2011. Interacting effects of phenotypic plasticity and evolution on population persistence in a changing climate. *Conservation Biology* 25:56-63.

¹⁹ Schwartz, M.W. 2012. Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biological Conservation* 155:149-156.

²⁰ Gianoli, E., I.M. Quezada, and L.H. Suárez. 2009. Leaf damage decreases fitness and constrains phenotypic plasticity to drought of a perennial herb. *Acta Oecologia* 35:752-757.

ENCADRE 1



**US Army Corps
of Engineers®**
Engineer Research and
Development Center

US Army Corps of Engineers (USACE)

Le corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis est une institution de génie civil et de logistique militaire qui emploie environ 34 600 civils et 650 militaires (hommes et femmes) dépendant du département de la Défense et rattaché à l'armée de terre des États-Unis. Sa devise est « Essayons », en français dans le texte.

Sa mission, comparable à celle des ponts et chaussées en France, est de fournir des services tels que la construction de barrages ou d'autres projets d'aménagement.

Son histoire commence en 1775 lorsque le congrès continental autorise le premier chef des ingénieurs à bâtir des fortifications près de Boston à Bunker Hill. Le corps était alors composé de Français embauchés par le général George Washington. En 1802, le corps se fixa à West Point et devint la première académie militaire des États-Unis.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Corps_des_ing%C3%A9nieurs_de_l'arm%C3%A9e_des_%C3%89tats-Unis

USACE est le gestionnaire, l'intendant ("*steward*"), de près de 5 millions d'hectares de zones terrestres et aquatiques publiques et responsable à l'échelle nationale de très nombreux projets de gestion de ressources en eau.

La gestion d'espèces envahissantes figure parmi les activités développées dans le cadre de son programme de recherche sur les espèces aquatiques nuisibles et de recherche pour le contrôle des plantes aquatiques ("*Aquatic Nuisance Species Research Program and Aquatic Plant Control Research Program*") dans lequel de nombreux projets sont traités en partenariat avec les organismes universitaires de recherche et les organismes publics chargés de la gestion de l'environnement dans les différents états des États-Unis. Ces projets portent en particulier sur le développement d'agents de lutte biologique, de nouveaux modes d'utilisation des pesticides aquatiques, les systèmes de barrière (écrans subaquatiques), etc.

<http://www.usace.army.mil/Missions/Environmental/InvasiveSpeciesManagement.aspx>

Il dépense environ 145 millions \$ par an pour contrôler et réparer les dommages causés par les espèces envahissantes, un chiffre en augmentation avec l'extension des espèces déjà présentes et l'introduction de nouvelles espèces envahissantes.

Durant la dernière décennie, USACE et des services de l'Etat chargés des ressources naturelles, en particulier ceux des Grands Lacs, ont concentré leurs efforts sur le contrôle de la migration de la carpe asiatique, une espèce envahissante connue, pour l'empêcher d'atteindre les Grands Lacs.

<http://www.usace.army.mil/Media/NewsArchive/StoryArticleView/tabid/232/Article/486891/slowing-the-spread-of-new-invasives.aspx>

ENCADRE 2

Des informations sur les taxons cités dans le rapport (répartition, milieux colonisés, description botanique) sont consultables en langue anglaise à l'adresse suivante :

<http://botany.si.edu/onagraceae/result.cfm?myFrom=tree&genus=Ludwigia>.