

Etude de la répartition de la Grande Jussie dans les prairies humides des marais de Brière et constitution d'outils prédictifs pour la gestion



Bertrand GUILLO

Master 2 : Gestion des Habitats et des Bassins Versants

Soutenu le **11 septembre 2012**, devant le jury composé de :

Membres du jury	THIEBAUT Gabrielle JUNG Vincent BRIENT Luc
Maître de stage	HAURY Jacques
Tuteur universitaire	KEMPF Florent

« Les analyses et les conclusions de ce mémoire de fin d'étude n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'Agrocampus Ouest et du PNR de Brière »

Présentation de la structure d'accueil

Ce stage a été effectué au sein du laboratoire ESP (Écologie et Sciences Phytosanitaires) d'AGROCAMPUS OUEST, sous la direction de Mr Jacques HAURY. Ce laboratoire est l'un des 15 laboratoires d'Agrocampus Ouest, CFR de Rennes ; certains de ses membres font partie de l'Unité Mixte de Recherche (UMR) INRA-Agrocampus Ouest - Écologie et Santé des Écosystèmes. Les activités du laboratoire ESP visent à l'étude du vivant et s'inscrivent dans le cadre de l'écologie (Biodiversité, écosystème, dynamique et génétique des populations, biologie évolutive, écologie parasitaire, écologie comportementale). Les domaines d'intervention couverts par ce laboratoire sont variés. Parmi ces domaines, le laboratoire ESP s'intéresse notamment au fonctionnement des écosystèmes non cultivés et aux mesures de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité et la qualité de ces milieux. Avec la mise au point d'outils d'évaluation et le développement de méthodes d'aménagement. Ainsi, au travers ses activités de recherche et d'expertise, le laboratoire participe activement au développement régional, national et international. L'équipe travaille depuis 1996 sur la problématique des plantes invasives : Les Jussies principalement mais aussi l'Égérie dense, la Renouée du Japon et de façon plus annexe sur diverses autres espèces. Les recherches menées sur la thématique des invasions biologiques ont fait l'objet de travaux publiés par Jacques Haury et ses collaborateurs et/ou étudiants. La problématique des espèces invasives de plantes et de leur gestion a amené de nombreux commanditaires tels que le Parc Naturel Régional de Brière (PNRB) à faire appel au laboratoire ESP, notamment via la DREAL (Direction Régionale, de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement) des Pays de la Loire. En tant que membre du comité scientifique du Parc Naturel Régional de Brière, Jacques Haury a ainsi participé à plusieurs réunions abordant les politiques de gestion des niveaux, le bilan de suivi de la propagation de la Jussie au sein du marais. Il participe également au programme IBMA (Invasions biologiques en Milieu Aquatique), programme pour lequel les marais de Brière ont été choisis en tant que site pilote. Le programme IBMA résulte de la création de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) en 2007 et de l'organisation, la même année, d'une convention cadre avec le Cemagref (aujourd'hui Irstea). Ce programme a pour objectif d'élaborer des stratégies d'action pour une meilleure gestion des invasions biologiques dans les écosystèmes aquatiques, de proposer des outils opérationnels à destination des gestionnaires et des décideurs, mais aussi définir des enjeux scientifiques à long terme et contribuer à une expertise nationale, voire internationale dans le domaine : tels sont les objectifs et les missions du groupe de travail IBMA piloté par l'Onema et Irstea (Dutartre, 2010).

Les travaux de recherche effectués par le laboratoire ESP permettent dans un premier temps de déterminer les caractéristiques écologiques, physiologiques, phénologiques, morphologiques ainsi que le potentiel végétatif de la plante étudiée pour, à terme, proposer des techniques de gestion adaptées. Ces éléments sont pour les gestionnaires des outils précieux qui vont permettre d'estimer les coûts et méthodes nécessaires à la lutte contre l'espèce invasive étudiée. Le laboratoire travaille ainsi sur plusieurs sites : les marais de Mazerolles (44), les marais Nord-Loire (marais de la Musse, du Syl et de La Roche), La rivière Vendée (85), le PNR de Brière (44), les étangs d'Apigné (35) ainsi qu'à Saint Calais du désert (53).

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble de mes collaborateurs pour leur aide et pour les conseils avisés qu'ils ont su me prodiguer tout au long de ce stage.

Un grand merci à l'ensemble de l'équipe des stagiaires de la « Haury team », Fanny MOYON, Oriane TIROT, Valentin POIRIER, merci pour la bonne humeur ambiante, l'aide et les avis fournis tout au long de ce stage, pour les moments de détente et l'initiation au dialecte Briéron. Merci à tous pour votre positivité.

Un grand merci tout particulièrement à Nathalie MAVEL qui m'a accompagné et soutenu pendant l'ensemble de ce stage. Ce travail n'aurait simplement pas pu être réalisé sans ton aide et ton implication. Merci d'avoir été là dans les moments de doutes et pour ton aide plus que précieuse durant la rédaction des protocoles expérimentaux, les inventaires de terrain et le traitement de données.

Merci à Teipo CABRAL, pour l'aide fournie à l'ensemble des stagiaires et la joie de vivre que tu nous à transmit à tous.

Merci à Julie COUDREUSE pour le soutien lors du traitement statistique des données récoltées, pour la relecture de ce rapport et pour les avis et conseils fournis.

Merci à Michel BOZEC pour l'aide fournie sur le terrain et au laboratoire, merci d'avoir su me conseiller dans toutes les phases de ce stage et merci de t'être investi dans les travaux de l'ensemble de l'équipe pour permettre leur bon déroulement.

Merci à Jacques HAURY pour avoir accepté de collaborer avec moi dans le cadre de ce stage, merci pour l'initiation à la flore des marais de Brière et pour la relecture des protocoles et de ce rapport.

Merci à Jean-Patrice DAMIEN, gestionnaire au sein du PNR de Brière, pour l'initiation aux inventaires cartographiques, la découverte des marais de Brière en chaland, pour le soutien logistique lors de l'expérience sur la topographie et surtout merci pour les discussions et les conseils lors de l'ensemble de ce stage.

Informations préalables à la lecture du mémoire :

- Les mots marqués d'une * sont définis dans le glossaire figurant en page 31 du présent rapport.
- Les mots « Jussie » et « *Ludwigia* » font référence à *Ludwigia grandiflora* (Michaux) Greuter & Burdet subsp. *hexapetala* (Hooker & Arn.) Nesom & Kartesz , sauf précision.

Index des figures

Figure 1 : Localisation du Parc naturel de Brière et de la zone d'étude	5
Figure 2 : Localisation des sites d'études (Source : Google Earth, modifié par B.GUILLO)	6
Figure 3 : Les différentes formes de <i>Ludwigia</i>	9
Figure 4 : Positionnement des 5 transects sur le site expérimental de Bréca	11
Figure 5 : Positionnement des transects sur le site du Nézyl (A) et sur le site de Bréca (B)	13
Figure 6 : Schéma théorique d'un transect (B. GUILLO 2012).....	16
Figure 8 : Représentation graphique de l'ensemble du jeu de données récolté	17
Figure 9 : Répartition de <i>Ludwigia grandiflora</i> le long du gradient topographique par classes de 5cm NGF, selon deux scénarios de colonisation.....	19
Figure 10 : Résultat de l'analyse en composante principale sur les facteurs au sein du jeu de donnés... 20	20
Figure 11 : Description et classification des associations végétales en fonction du pourcentage moyen de jussie observé.....	22
Figure 12 : Pourcentage de germination observé sur les graines de <i>L. grandiflora</i> récoltées à Kerfeuille - Brière (44) 8 mois après récolte	23
Figure 13 : Comparaison du pourcentage de germination obtenu avec les données bibliographiques .	23
Figure 14 : Schéma explicatif de la bathymétrie LIDAR ; SOURCE : wikipedia disponible le 02-08-12	2
Figure 15 : Résultat de l'ACP réalisée sur le jeu de données brut	5
Figure 16 : Résultat de la 2ème ACP réalisée sur le jeu de données.....	5
Figure 17 : Résultats finaux de l'analyse en composante principale	6
Figure 18 : Résultat de la classification ascendante hiérarchique réalisée sur le jeu de donnée transformé.....	6
Figure 19 : Résultats de la classification ascendante hiérarchique réalisée sur le jeu de données floristiques total.....	6
Figure 20 : P-value obtenues via le test de Wilcoxon en effectuant des comparaisons 2 à 2 sur les pourcentages de jussie entre les associations végétales.....	7

Index des tableaux

Tableau 1 : Différences morphologique entre <i>Ludwigia peploides</i> et <i>grandiflora</i>	8
Tableau 2 : Caractérisation du matériel biologique utilisé dans l'expérience de germination 2012	15
Tableau 3 : Descriptif des valeurs extrêmes de la distribution des relevés	16
Tableau 4 : Test de normalité sur les variables étudiées	16
Tableau 5 : Corrélation non-paramétrique de Spearman et Intervalle de confiance	17
Tableau 6 : Synthèse des données de présence de la Jussie le long du gradient topographique et corrélation de Spearman entre % de jussie et hauteur topographique à l'intérieur des associations végétales	18
Tableau 8 : Description des espèces du genre <i>Ludwigia</i> recensées dans la bibliographie	4

Sommaire

Présentation de la structure d'accueil	
Remerciements	
Informations préalables à la lecture du mémoire :	
Index des figures	
Index des tableaux	
I. Introduction	1
II. Présentation des sites, matériels et méthodes	2
A. Présentation des marais de Brière :	2
B. Contexte de l'étude :	2
C. Objectifs de l'étude :	4
D. Présentation du Parc Naturel de Brière :	5
E. Présentation des sites d'études :	6
F. Présentation de l'espèce étudiée:	7
G. Objectifs et protocoles expérimentaux :	11
1. Etude de la répartition de <i>Ludwigia grandiflora</i> dans les prairies humides :	11
2. Protocole de germination :	15
III. Résultats	16
A. Etude de la répartition de <i>Ludwigia</i> en prairie humide :	16
B. Expérience de germination	23
IV. Discussion	24
1. Etude de la répartition de <i>Ludwigia</i> en prairie humide :	24
2. Expérience de germination :	28
V. Conclusion	30
VI. Glossaire :	
VII. Annexes	
Bibliographie :	
Résumé	

I. Introduction

Lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement tenue en 1992 à Rio de Janeiro, la communauté scientifique a mis en évidence que les activités anthropiques étaient à l'origine de l'accélération du rythme d'extinction des espèces. Parmi les perturbations identifiées, l'introduction d'espèces en dehors de leur aire de répartition spontanée a été placée en seconde position comme facteur responsable de l'accélération du processus d'érosion de la biodiversité (Heywood, 1989 ; Olivier et al., 1995 ; Dutartre A., et al., 2000 ; Muller, 2004 ; Pascal et al., 2000). Les « invasions biologiques » comme il convient de les appeler, sont considérées comme une des menaces les plus sérieuses pour la biodiversité (Vitousek et al., 1997). Bien qu'un large panel de biotopes soient concernés, certains semblent être plus propices à l'installation pérenne d'espèces allochtones*, c'est le cas des zones humides (Vitousek et al., 1997, Garcia-Berthou et al., 2005 ; Moyle and Light, 1996 in Ruaux, 2008). Les zones humides représentent moins de 6 % de la surface de la terre, pourtant elles hébergent 24 % (8 sur 33) des plantes les plus envahissantes du monde (Zedler and Kercher, 2004). Les marais de Brière, où cette étude a été menée, ne font pas exception à cette règle : 25 espèces invasives y ont été recensées, avec une accélération du nombre d'introduction ces 30 dernières années (Haury & Damien, à paraître). La présente étude concernera une espèce invasive végétale : la Grande jussie (*Ludwigia grandiflora* (Michaux) Greuter & Burdet subsp. *hexapetala* (Hooker & Arn.) Nesom & Kartesz). Cette amphiphyte présente une grande capacité d'adaptation qui lui a permis de coloniser rapidement des biotopes temporairement exondés. De ce fait, de nombreuses prairies humides ont été envahies par cette dernière dans les marais de Brière. Le Parc Naturel de Brière a donc mandaté le laboratoire ESP pour étudier cette invasion. Ce mémoire s'intéressera à la répartition de la Grande jussie à l'intérieur de deux prairies temporairement exondées. L'apport scientifique fourni par ce rapport devra permettre d'aider le gestionnaire à identifier les zones à risque vis-à-vis de la colonisation par *Ludwigia*, et donc permettre de cibler les zones d'action prioritaires en termes de gestion sur le territoire. La présente étude s'articule autour de deux thématiques centrales. (i) la répartition de *Ludwigia* en fonction de deux paramètres mésologiques : la nature des associations végétales présentes et la topographie, (ii) une évaluation du potentiel germinatif de capsules issues de la première fructification de *Ludwigia* en Brière (2011). Enfin, l'ensemble des résultats collectés seront discutés afin d'établir un bilan des résultats obtenus en 2012, et dans la perspective de poursuivre, améliorer ou approfondir les expérimentations menées afin d'apporter des éléments pour aider à la gestion des sites.

II. Présentation des sites, matériels et méthodes

A. Présentation des marais de Brière :

Les marais de Brière sont protégés à de nombreux titres comme en témoignent les 12 protections réglementaires qui s'appliquent sur ce territoire (cf. Annexe 1). Ces statuts de protection existent, car ce site présente un intérêt en tant que zone humide d'importance majeure et constitue un élément important du patrimoine naturel français et européen. Ce territoire présente un intérêt non seulement du fait de la faune et la flore qu'il accueille mais également car il constitue un écosystème particulièrement riche et complexe. Les marais tels que l'on peut les observer aujourd'hui résultent de l'interaction multiséculaire entre les usagers et le milieu naturel (tourbage, chaumage, pratiques agricoles et cynégétiques...). La préservation de ce milieu implique la lutte contre les menaces qui pèsent sur ce territoire. Les principales préoccupations au sein du Parc Naturel de Brière sont de lutter contre les conséquences de l'atterrissement* naturel, la restauration des milieux naturels et le fait de veiller au maintien global de la qualité de l'eau. Parallèlement à la protection d'espèces autochtones, un vaste programme de régulation des espèces introduites a été mis en place en Brière (PNRB, Objectifs 2010).

B. Contexte de l'étude :

L'étude présentée ici est centrée sur la problématique des espèces invasives dans les marais de Brière. Ces marais sont depuis longtemps le lieu de nombreuses introductions, volontaires et involontaires, d'espèces allochtones (Cf Annexe 5). Sur l'ensemble des espèces introduites, certaines sont parvenues à s'établir de façon pérenne générant ainsi des populations stables. En l'absence de prédateurs efficaces, ces populations croissent de façon conséquente et déséquilibrent les écosystèmes envahis. C'est le cas de *Ludwigia grandiflora* spp. *hexapetala*, (recensée en Brière depuis 1994).

Le Parc Naturel de Brière organise chaque année des inventaires de terrain afin de produire une carte de la répartition des espèces invasives. La cartographie 2011 de la répartition de *Ludwigia* en Brière (Annexe 3) indique des surfaces colonisées jamais égalées dans les milieux prairiaux (Druel, 2011). L'invasion par la jussie en Brière est en expansion, depuis 2008. Les surfaces concernées ont plus que quadruplées entre 2008 et 2011, que ce soit en prairie ou dans les canaux, passant respectivement de 73 à 313 Ha et de 21 à 92km linéaires. La cartographie 2012 n'est pas encore disponible, car la numérisation des données n'est pas encore terminée, cependant, une participation aux inventaires a été réalisée dans le cadre de ce stage.

Le déséquilibre au sein des écosystèmes, et la menace qu'elle représente vis-à-vis de la biodiversité n'est cependant pas la seule nuisance engendrée par cette espèce invasive. Dans les canaux, les herbiers denses de *Ludwigia* gênent la navigation et donc la circulation dans le marais. Cette nuisance a de lourdes conséquences sur de nombreuses activités comme la chasse, la pêche ou encore le tourisme. Au sein des prairies humides, la prolifération de *Ludwigia* sur les sites, engendre une diminution de la valeur fourragère des prairies pour une double raison : cette espèce ne présente pas une valeur fourragère élevée (pour lors elle est inconnue) et elle élimine par compétition d'autres espèces à forte valeur fourragère (Beck, 2004). Ce qui pose de sérieux problèmes du point de vue de la valorisation agricole des sites envahis. Un rapport de toxicité a été effectué sur *Ludwigia* en tant que fourrage. Ce rapport indique que *Ludwigia* est peu appétante et irritante pour le bétail. Bien qu'aucun cas d'intoxication par *Ludwigia* n'ait été avéré, par mesure de précaution, sa distribution au bétail n'est pas conseillée (Capa-Ouest, 2004) (Cf. Annexe 2). La diminution de la valeur fourragère des herbages par *Ludwigia*, peut entraîner une suppression des M.A.E (Mesures Agro-Environnementales) pour la prairie considérée, et conduire à terme à l'abandon du site colonisé (c'est le cas de la prairie du Nézy, l'un de nos sites d'étude). La Jussie est donc au cœur des préoccupations en Brière.

Le Parc organise des chantiers d'arrachages saisonniers et apporte son soutien aux gestionnaires locaux engagés dans la gestion de la Jussie, en réalisant des dossiers de subventions, des bilans d'intervention, en mettant à disposition des embarcations et en apportant des conseils techniques aux opérateurs. La gestion a permis, par le biais d'importants chantiers d'arrachage (mécaniques et manuels) la limitation l'impact de cette expansion dans les voies principales et a montré son efficacité dans les milieux aquatiques à la seule condition que cet arrachage soit suffisamment intense. Pourtant les modes de gestion testés sur prairie n'ont néanmoins pas démontré leur efficacité (PNRB, rapport d'activité 2010).

L'année 2011 a également été marquée par l'apparition de la première fructification de *Ludwigia grandiflora* dans les marais de Brière. Jusqu'alors, la reproduction de la jussie était considérée comme étant uniquement végétative.

*Note : Dans le cadre de ce stage d'autres expériences ont été réalisées mais ne seront pas développées ici, leurs objectifs étaient de (i) mesurer les biomasses de Jussie dans le canal et dans la prairie du Nézy, (ii) de réaliser une cartographie de la Jussie à l'échelle des marais de Brière, (iii) de tester l'impact du pâturage sur le développement de la Jussie et (iv) d'estimer les densités de population d'écrevisses (*Procambarus clarkii*) dans le canal et dans le dispositif expérimental mis en place en 2011 dans la prairie du Nézy.*

C. Objectifs de l'étude :

Dans le cadre de l'expansion observée en 2011, il paraît nécessaire d'identifier selon des critères fiables et facilement observables sur le terrain, les caractéristiques des sites les plus propices à l'installation de la jussie. Ceci permettra d'aider le gestionnaire à hiérarchiser les sites selon leur sensibilité à l'invasion par la Jussie. Les paramètres qui ont été choisis afin de caractériser la répartition de *Ludwigia* au sein des prairies humides : la topographie et la nature des associations végétales.

Jusqu'alors, il n'existait pas de données sur la répartition de *Ludwigia* le long du gradient topographique dans les marais de Brière. Probablement du fait de l'absence de carte de topographie fine de ces marais. La seule carte topographique disponible sur ce secteur est la carte IGN, dont la précision est métrique. Or l'amplitude topographique est rarement supérieure à 1m dans la grande majorité des prairies humides de Brière, empêchant l'appréciation fine des patrons spatiaux adoptés par les herbiers de *Ludwigia* selon la topographie à large échelle. Pour l'année 2013, une cartographie fine de la topographie est programmée en Brière. La technologie qui est prévue d'être utilisée est la technologie LIDAR (Light Detection And Ranging) par survol aérien (cf. Annexe 4). La cartographie produite aura une précision inférieure au décimètre, ce qui permettra d'extrapoler les données de répartition de *Ludwigia* le long du gradient topographique, obtenues dans le cadre de cette expérience. Néanmoins, la topographie n'est pas le seul paramètre à prendre en compte pour appréhender la dispersion de *Ludwigia* au sein des prairies humides.

Au sein des sites étudiés, il est envisageable de considérer que chaque formation végétale constitue un habitat particulier plus ou moins propice à l'installation de *Ludwigia*. En partant de ce postulat, la composition floristique des associations végétales est un paramètre pertinent pour caractériser l'habitat qu'elle constitue et donc ségréger les habitats rencontrés. Ici, les associations végétales seront décrites par leurs espèces caractéristiques et par le pourcentage de recouvrement moyen de *Ludwigia grandiflora* observé. Ceci permettra de les hiérarchiser du point de vue de la densité moyenne de Jussie qu'elles hébergent et donc de les hiérarchiser du point de vue de leur « invasibilité » par la Jussie.

Une récolte des capsules formées par *Ludwigia grandiflora* à Kerfeuille (Brière, 44) a été organisée en octobre 2011, cependant, aucun test de germination des graines qu'elles contiennent n'a encore été réalisé. Il s'agira dans cette étude de déterminer le pouvoir germinatif des graines contenues dans les capsules récoltées en 2011. Si la fertilité de ces graines est avérée, cela pourrait modifier le rythme et l'ampleur de l'extension de la colonisation par la jussie au sein des marais de Brière, et donc modifier les techniques de gestion.

D. Présentation du Parc Naturel de Brière :



Figure 1 : Localisation du Parc naturel de Brière et de la zone d'étude
(Source : <http://www.parc-naturel-briere.fr>, modifié par B.GUILLO 2012)

Le Parc Naturel Régional de Brière a été créé par décret interministériel le 16 octobre 1970 et compte parmi les premiers Parc Naturel Régionaux de France. Il a été initié et financé par la région des Pays de la Loire, le département de Loire Atlantique et ses 18 communes adhérentes. Situé au cœur de la presqu'île de Guérande, entre les estuaires de la Loire de la Vilaine (Fig.1), le Parc de Brière s'étend sur 49 000 hectares et compte environs 80 000 habitants sur son territoire (PARC NATUREL REGIONAL DE BRIERE, Objectif 2010).

Les marais de Brière sont constitués de terres inondables, sillonnées par un réseau hydrographique dense (550 km). De vastes étendues de prairies pâturées (12 400 ha) et de roselières (8 100 ha) y sont représentées. Au cœur du Parc Naturel se situe le marais indivis de Grande-Brière-Mottière (7 000 ha). Il est la propriété commune des habitants des 21 communes riveraines (Olivaux, 1972 in Ginon, 2009). Les niveaux d'eau au sein des marais fluctuent de façon saisonnière mais sont gérés grâce à des installations hydrauliques. Cette gestion incombe au Syndicat du Bassin Versant du Brivet (SBVB) (MARTZ V., comm. pers., 2012). Les marais de Brière font partie du bassin versant du Brivet (80000 Ha).

E. Présentation des sites d'études :



Figure 2 : Localisation des sites d'études (Source : Google Earth, modifié par B.GUILLO)

Les deux sites sélectionnés pour mener ces expérimentations, situés à l'Ouest des marais de Brière, sont les deux sites les plus anciennement colonisés par *Ludwigia* en Brière. Le postulat de base sur ces sites, est que tous les biotopes potentiellement colonisables par *Ludwigia* le sont effectivement, du fait de l'ancienneté de la colonisation et de la gestion homogène des niveaux d'eau depuis une dizaine d'année (J.P Damien, comm. pers, 2012). Les sols au sein de ces sites sont des sols tourbeux et humides, surmontés de vases en mélange avec des débris végétaux en décomposition plus communément appelés « noir de Brière ». Ces sites sont soumis aux variations des niveaux d'eau, se trouvant inondés en hiver et au printemps. En été, seuls les canaux et quelques dépressions topographiques restent immergés. *Ludwigia* y est installée depuis plusieurs années (Druel, 2011).

a) Présentation du site de Bréca :

C'est sur cette prairie humide de 26 Ha que *Ludwigia grandiflora* spp. *hexapetala* fut identifiée pour la première fois en 1994. Une activité agricole y est maintenue : le pâturage par des bovins et des oies. Plusieurs grands types de formations végétales y sont présents : Une phragmitaie (82 Ha) qui borde la prairie, une cariçaie, des pelouses à *Juncus bulbosus*, des formations à *Juncus effusus* et *Myrica gale* et des herbiers monospécifiques de *Ludwigia grandiflora*. Il existe également un plan d'eau au nord, présentant une ceinture à *Callitriche brutia* et *Scirpus fluitans* et exempt de végétation en son centre. Ce site est bordé de canaux servant au drainage et à la navigation. Du point de vue topographique ce site présente une grande dépression en son centre, suivant un axe Nord-sud et une butte pâturée au Nord-est du site.

b) Présentation du site du Nézyl :

La prairie du Nézyl, présentant une surface de 20 Ha, est le second site le plus anciennement colonisé par *Ludwigia*, sa présence y a été avérée en 1998. La principale différence avec le site de Bréca est que les activités agricoles n'y ont pas été maintenues. Il s'agit d'une ancienne prairie de fauche. Ce site représente à petite échelle la diversité des milieux de la Brière (Noel, 2010). Bien qu'il existe un gradient topographique Sud-ouest/Nord-est, les associations végétales sont organisées en « taches » plutôt qu'en grandes zones homogènes. Sur ce site, les grands types d'association végétales présents sont soutenus par une phragmitaie bordant la prairie (83 Ha), parfois en mélange avec des cariçaies, des pelouses à *Juncus bulbosus* et quelques massifs à *Iris pseudacorus*, *Scirpus lacustris*. Le site est bordé au nord par un bourrelet exondé et un canal et au sud par des formations végétales exondées majoritairement soutenues par *Molinia caerulea*. Sur ce site, des expérimentations ont été menées depuis plusieurs années : en 2011, une étude concernant les interactions entre ragondin (*Myocastor coypus*), écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) et Jussie (*Ludwigia grandiflora*), et l'influence de l'arrachage manuel en prairie (Druel, 2011). Afin de réaliser cette expérience, un dispositif expérimental composé de 4 exclos a été mis en place. Une partie de ce dispositif sera repris pour mener le suivi 2012 de l'arrachage manuel en prairie un an après travaux.

c) Présentation du site de Kerfeuille :

C'est sur le site de Kerfeuille, au Nord-Est des marais de Brière, que les capsules de *Ludwigia grandiflora* ont été récoltées en 2011 et mises en germination en 2012. Comme précédemment, ce site est colonisé par la Jussie. Sur ce site, une partie de la phragmitaie a été fauchée et colonisée par la jussie. Il est soumis aux variations des niveaux d'eau mais est exondé plus précocement que les sites de Bréca et du Nézyl.

F. Présentation de l'espèce étudiée:

a) Taxonomie et statut:

Ludwigia grandiflora appartient à la famille des Onagracées. Cette famille comprend une quarantaine d'espèces réparties dans la majorité des secteurs chauds et tempérés mondiaux. Le genre *Ludwigia* est représenté en France par trois espèces (Cf. Annexe 3, Tableau 6). Sur ces trois espèces, il existe deux espèces de *Ludwigia* ayant un caractère invasif en France : *Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*.

L'espèce qui sera étudiée ici est décrite dans les flores sous le nom de :

- *Ludwigia grandiflora* (Michaux) Greuter & Burdet spp. *hexapetala* (Hooker & Arn.) Nesom & Kartesz

Ludwigia grandiflora spp. *hexapetala* se distingue de *Ludwigia peploides* sur des critères caryologiques* et des observations des pièces florales (Dutartre, 2006). Ces deux espèces sont toutes deux présentes en Brière, et présentent des écologies très proches (Dutartre *et al.*, 1997). Le caractère polymorphe et les similitudes entre les écologies respectives de ces deux espèces ont conduit à certaines confusions taxinomiques dans les descriptions (Grillas *et al.*, 1991).

NB : *Ludwigia grandiflora* spp *grandiflora* n'est pas présente en France ; Dans ce rapport, les termes « Jussie » et « *Ludwigia* » évoquent *Ludwigia grandiflora* spp *hexapetala* sauf précision.

b) Morphologie :

Le critère morphologique le plus fiable pour distinguer *Ludwigia grandiflora* spp *hexapetala* de *Ludwigia peploides* reste la forme des stipules*, comme illustré dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 1 : Différences morphologique entre *Ludwigia peploides* et *grandiflora*

Crédit photo : CABRAL Teipo - Laboratoire ESP – 2010-2011

	<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Ludwigia grandiflora</i> spp. <i>hexapetala</i>
Stipules	Arrondis verdâtres à rougeâtres, voire bruns 	Triangulaires verdâtres à noirâtres 

Eléments de morphologie générale :

Les *Ludwigia* sont des plantes hydrophytes fixées et amphibies (Sculthorpe, 1967), c'est-à-dire qu'elles sont capables de se développer à la fois au dessus de l'eau et sous la surface. Elles ont la capacité de se développer jusqu'à 3m de profondeur et d'émerger à 80cm au dessus de la surface de l'eau. Leur **tiges**, organisées en réseau, peuvent être émergées ou immergées (Sculthorpe, 1967) et peuvent dépasser 6 mètres de longueur (Muller, 2004). Ces tiges noueuses présentent aux nœuds des racines adventives qui constituent un moyen de régénération efficace des boutures (Peltre & al, 1997). *Ludwigia* présente 2 types de **racines** (Berner, 1956) : des racines servant d'organe d'absorption et de fixation, et des racines aérifères flottantes pouvant assurer la flottaison des tiges, afin de permettre la réalisation d'échanges gazeux avec l'atmosphère (Dutartre, 2002). Chez la forme terrestre de *Ludwigia*, les racines sont adventives ou pivotantes et généralement de petite taille.

Les **feuilles** de *Ludwigia* sont alternes, au début du cycle végétatif (d'avril à mai/juin), les feuilles sont petites, rondes et d'un vert brillant, elles s'organisent en rosettes à la surface de l'eau. Durant le reste de son cycle végétatif (de juin à septembre), les feuilles s'allongent pour devenir oblongues et des nervures marquées apparaissent conjointement à une pilosité intense apparaît chez *Ludwigia grandiflora* spp. *hexapetala*. Les **fleurs**, d'un jaune vif, mesurent de 2 à 5cm de diamètre, la floraison à lieu de juin à octobre. Les fleurs sont hermaphrodites, actinomorphes*, et dialypétales*, (formule florale* : 6 S+ 6 P+ 4 E+ (2-6) C, à ovaire infère à 2-6 loges et 1 style à 1-6 stigmates) (Dandelot, 2004). Les **fruits** sont des capsules lignifiées et pédonculée qui se trouvent sur les tiges émergées. Ils sont allongés, cylindriques, couronnés par le calice et sont de tailles très hétérogènes. Les fruits présentent une forte flottabilité (Ruauux, 2008). Les **graines**, de couleur claire, ont une forme de prisme triangulaire, ce qui leur permet, une fois dans l'eau, d'être toutes orientées de la même façon. Leur taille est de l'ordre du millimètre.

La plasticité phénotypique* de ces espèces leur permet de coloniser des milieux variés (Dutartre, 2002). Trois formes distinctes de *Ludwigia* ont été observées selon le milieu considéré et le stade de développement des herbiers.

Forme traçante aquatique



Forme prostrée terrestre



Forme érigée amphibie



Figure 3 : Les différentes formes de Ludwigia

Crédit photo : Laboratoire ESP - Agrocampus Ouest Rennes – 2010-2011

La **forme prostrée terrestre** est une adaptation temporaire sous l'effet d'un stress abiotique défavorable à l'implantation : les tiges sont courtes, rampantes sur le sol et les feuilles sont petites et arrondies.

La **forme traçante** est un faciès exprimé durant une phase d'expansion. Ce faciès est caractérisé par l'expression de longues tiges immergées ou affleurantes, et des feuilles nettement pétiolées, groupées en rosettes à la surface de l'eau ou sur la vase humide.

La **forme érigée** qui traduit la maturité du peuplement et les bonnes conditions écologiques à son développement : les tiges sont longues, les feuilles sont plus allongées, la plante croît au dessus de la surface de l'eau et fleurit abondamment (Legrand, 2002).

c) Reproduction

Chez *Ludwigia grandiflora* spp. *hexapetala*, la reproduction végétative est le moyen le plus efficace de dispersion (Berner, 1971). Dans un milieu favorable, lorsqu'un fragment comporte un nœud d'où peuvent se développer des feuilles, des ramifications et des racines adventives, il est susceptible de reconstituer une plante viable (Dutartre, 2006). La présence d'aérenchymes permet leur flottaison (Sculthorpe, 1967), leur assure la survie et leur permet de s'installer en rive, là où les capacités de régénération de ces espèces sont les plus élevées.

La capacité de *Ludwigia grandiflora* à se reproduire par la voie sexuée a été confirmée et la possibilité de production de plantules viables a été vérifiée *in situ* et en laboratoire. La limite Nord de production de plantules semble être actuellement en Bretagne (Aux étangs d'Apigné, à proximité de Rennes) (Dutartre, 2006). Néanmoins, chez *L. grandiflora* la fructification présente de grandes variations (Dandelot, 2004).

d) Nuisances :

Les nuisances occasionnées par *Ludwigia* sont de plusieurs types. Elles peuvent être d'ordre physique, car les herbiers constituent un frein à l'écoulement et accélèrent le comblement des milieux via un apport massif de matière organique dans les milieux colonisés. En effet, *Ludwigia* est capable de doubler sa biomasse en deux semaines environ en milieu stagnant (Charbonnier, 1999 *in* Ruaux, 2008). Ce phénomène engendre une production importante de litière, jusqu'à soit 7 à 10 cm de litière en 5 ans (Saint-Macary, 1998 *in* Ruaux, 2008). En l'absence de courant, cette matière s'accumule et peut entraîner une accélération de l'atterrissement des zones humides peu profondes.

La banalisation écologique des biotopes envahis a été observée dans de nombreux cas (Grillas *et al.*, 1992). *Ludwigia* est un compétiteur efficace face aux espèces indigènes des habitats colonisés. Ce phénomène est renforcé par sa capacité à sécréter des substances allélopathiques* dans son milieu (Dandelot *et al.*, 2008), créant des conditions défavorables à la croissance des autres espèces. La banalisation de l'écosystème envahi, engendre une altération de la biodiversité végétale mais également animale par répercussion.

La colonisation des prairies à vocations pastorales pose également un problème vis-à-vis de la valorisation de ces terres (Beck, 2004). L'invasion de jussie crée de multiples nuisances concernant les usages (promenade, pêche, navigation, prises d'eau).

e) Gestion :

Afin de limiter l'expansion de *Ludwigia grandiflora*, plusieurs techniques de gestion existent. Les plus communément utilisées sont l'arrachage mécanique et manuel (Mineau, 2007). Il existe cependant d'autres techniques curatives comme le traitement chimique par épandage, le salage (interdit en zone humide), la pose de bâches sur les herbiers ou de techniques préventives comme la pose de filtres à boutures dans les canaux pour endiguer le flux de dispersion de *Ludwigia*, le sursemis d'espèces locales et restauration de la ripisylve pour augmenter l'ombrage.

La gestion des déchets issus des opérations cités précédemment est primordiale afin d'éviter une recolonisation sur la zone de stockage des déchets. Plusieurs solutions existent comme le compostage et co-compostage, l'accueil en centre d'enfouissement technique, le stockage proche du lieu de récolte ou encore l'incinération (Debril, 2005).

G. Objectifs et protocoles expérimentaux :

1. Etude de la répartition de *Ludwigia grandiflora* dans les prairies humides :

a) Répartition de *Ludwigia* le long du gradient topographique :

Site expérimental :

Sur les deux sites les plus anciennement colonisés des marais ce Brière, le site de Bréca était le seul à disposer d'une échelle limnigraphique, l'échelle du Nézyll ayant été enlevée temporairement, par conséquent ce site a été écarté pour cette expérience, en l'absence de référence fiable du point de vue de l'altitude du niveau d'eau.

Positionnement et mise en place des transects :



Figure 4 : Positionnement des 5 transects sur le site expérimental de Bréca

5 transects de 80m ont été réalisés autour de la butte pâturée de Bréca. La localisation du site de Bréca à l'échelle des marais de Brière figure en page 7, figure 4.

Chacun des 5 transects a été réalisé comme suit :

L'altitude du niveau d'eau est relevée sur l'échelle limnigraphique du site prospecté. La première perche est positionnée à l'interface terre/eau puis la mire du transect est fixée grâce à un repère visuel dans le paysage. Les perches sont placées dans l'eau à intervalle régulier (15m mesuré au décimètre). Le topofil est positionné à une hauteur fixe au dessus de l'eau afin qu'il soit parallèle à la surface (ici : 130 cm). La dernière perche est fixée en zone exondée, 10 m après la dernière bouture de jussie présente sur le transect.

Note : L'altitude NGF évoquée ici correspond au « niveau 0 » du marégraphe de Marseille.

Echantillonnage :

L'échantillonnage réalisé est de type systématique : le long des transects, les relevés ont été effectués tous les 2m, le jeu de données récoltées se compose donc de 200 relevés pour les 5 transects. Trois paramètres ont été relevés sur chaque quadrat :

- Le pourcentage de recouvrement de la jussie.
- La hauteur de la jussie.
- Le type de formation végétale où a été effectué le relevé (basé sur la végétation dominante de la zone considérée).
- La hauteur du substrat par rapport au topo-fil, au centre du relevé, sur les parties exondées comme immergées.

Traitement des données :

A – Conversion des hauteurs en altitudes :

NB : Les mesures de hauteurs sont exprimées en centimètres

Les données de hauteur sont converties en altitude NGF, comme suivant :

- Hauteur du relevé par rapport au niveau d'eau :

$$H(ne) = (H(m) - 130) \times (-1)$$

$H(ne)$ = Hauteur du relevé par rapport au niveau d'eau.

$H(m)$ = Hauteur mesurée par rapport au topofil.

NB : l'ensemble des résultats sont multipliés par -1, afin que les relevés immergés présentent des hauteurs négatives, et les relevés émergés, des hauteurs positives.

- Conversion de l'altitude du niveau d'eau de la cote Brière vers NGF :

$$A(\text{Brière}) = A(\text{NGF}) - 121$$

$A(\text{NGF})$ = Altitude à la cote NGF

$A(\text{Brière})$ = Altitude à la cote Brière

Traitement statistique des données :

L'ensemble des tests statistiques réalisés dans le cadre du traitement des données récoltées ici ont été effectués à l'aide du logiciel R (version 2.15.1).

La normalité de la distribution a été testée grâce au test de Shapiro-Wilks. Le test non paramétrique utilisé pour étudier les corrélations entre les variables a été le test de Spearman.

Enfin des classes de topographie seront réalisées (Classes de 5cm NGF) et à chaque classe sera associé un pourcentage de recouvrement moyen de *Ludwigia grandiflora* moyen afin de déterminer un seuil de risque à la classe de topographie considérée.

b) Répartition de Ludwigia selon les associations végétales présentes :

Sites expérimentaux :

Cette expérience a été menée sur les deux sites les plus anciennement colonisés de Brière. Ces deux sites sont les prairies temporairement exondées du Nézyl et de Bréca.

Positionnement et mise en place des transects :

Sur chacun des deux sites, 3 transects botaniques ont été réalisés. Le départ et la fin de chaque transect a été repéré par une marque GPS et reporté sur les cartes ci-dessous. Les transects ont été positionnés sur les sites expérimentaux de sorte à échantillonner l'ensemble du site de façon représentative du point de vue des associations végétales présentes.



Figure 5 : Positionnement des transects sur le site du Nézyl (A) et sur le site de Bréca (B)

Echantillonnage :

Les zones de végétation homogène sont déterminées visuellement, en tenant compte de l'homogénéité floristique et écologique, en fonction de l'homogénéité physionomique et structurale de la végétation et également de l'homogénéité des contrastes du milieu (exposition, lumière, micro-topographie...) comme recommandé par Meddour en 2011. Par la suite, 5 relevés botaniques de 0,25 m² sont été réalisés au hasard à l'intérieur de chaque zone homogène.

N.B : Certaines associations végétales échantillonnées dans le cadre de cette expérience où deux micro-systèmes différents par leur fonctionnement et leur composition floristique. La distinction a été faite car la végétation était organisée en tache laissant une partie de la zone en eau, colonisé par un cortège d'espèce différent de celui présent dans les taches. Dans ces cas particuliers, 5 relevés ont été effectués sur les tâches et 5 autres dans les zones en eau. Cette distinction à été effectuée pour les cariçaies, organisées en touradons.

Paramètres mesurés :

- Recouvrement de chaque espèce au sein des 0,25m² du quadrat.
- La zone homogène est nommée selon les espèces dominantes
- Longueur de la zone homogène sur le transect
- Profondeur d'eau
- Un point GPS est relevé à chaque quadrat.

Traitement des données :

Une fois la prospection de terrain réalisée, les données sont entrées dans une matrice de synthèse comportant l'ensemble des relevés effectués sur l'ensemble des transects sur le site de Bréca et du Nézyl.

La distribution des données concernant sur les pourcentages de recouvrements de jussie a été testée grâce au test de Shapiro-Wilks. Par le biais d'un test de la somme des rangs de Wilcoxon, la différence entre les sites du point de vue du recouvrement de Jussie global a été testée. Par la suite, des analyses multivariées ont été réalisées afin de structurer le jeu de données. Les outils d'analyse utilisés ont été l'Analyse en composante Principale (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée grâce au logiciel R et au package Rcmdr.factorMine. disponible sur le miroir Cran de l'université de Toulouse.

2. Protocole de germination :

Caractérisation synthétique du matériel biologique mit en germination :

Tableau 2 : Caractérisation du matériel biologique utilisé dans l'expérience de germination 2012

Nature	Nombre	Espèce	Date de récolte	Lieu de récolte	Coordonnées GPS (WGS 84)
Capsules	50	<i>Ludwigia grandiflora</i> subsp. <i>hexapetala</i>	19/10/2011	Station de Kerfeuille BRIERE (44) France	N 47 24.379
					W 3 13.618
					-12m

Méthode de récolte :

La récolte des capsules été organisée en octobre 2011 afin de permettre leur étude. La récolte a été réalisée de façon à être la plus représentative possible de la zone échantillonnée. de façon homogène sur l'ensemble de l'herbier, en récoltant des capsules de tailles variées et sur des pieds de jussie variés.

Le matériel technique :

Le lieu d'expérimentation *ex-situ* dans une chambre climatisée (dans les bâtiments d'Agrocampus Ouest Rennes) réglée à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, à une hygrométrie saturée et éclairée artificiellement 16 heures/jour.

Mise en germination :

L'ensemble des 50 capsules ont été ouvertes, et les graines ont été dénombrées, puis 300 graines ont été prélevées au hasard, afin de ne pas donner plus de poids à une capsule qu'à une autre dans l'expérience de germination. Le lot de 300 graines sera séparé en 3 lots de 100 graines et mis à germer dans des boîtes de pétri séparées.

L'expérimentation s'est déroulée dans ne chambre climatisée (dans les bâtiments d'Agrocampus Ouest Rennes) réglée à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, à une hygrométrie saturée et éclairée artificiellement 16 heures/jour.

Suivi de l'expérience :

Cette expérience, réalisée 8 mois après récolte, à été suivie pendant 96 jours soit 3mois (du 16 mai au 15 août 2011). Un suivi est réalisé pour chaque lot de graine, 3 fois/semaine (calendrier : Lu, Mer, Ve), soit tous les deux jours hors week-end. Les paramètres relevés sont les suivants :

- Vérification de l'état des boîtes (humidité, apparition de germes/mycélium...).
- Comptage et mise à part des graines germées, qui seront stockées dans des tubes (associées à chaque boîte de Pétri).

III. Résultats

A. Etude de la répartition de *Ludwigia* en prairie humide :

a) Répartition de *Ludwigia* le long du gradient topographique :

Limites de répartition observées le long du gradient topographique :

A partir du jeu de données brut, certaines informations utiles pour le gestionnaire peuvent être directement extraites. Comme les limites de répartition basses et hautes de *Ludwigia* le long du gradient topographique en observant les extrêmes du jeu de données.

Sur le site de Bréca, le 27 juillet 2012 :

Tableau 3 : Descriptif des valeurs extrêmes de la distribution des relevés

Limite de répartition :	Point sur la figure 6	Altitude (m NGF) :	Recouvrement <i>Ludwigia</i> (%) :	Hauteur <i>Ludwigia</i> (m) :
Limite haute sur prairie	1	0,59	5	0,01
Limite haute sur touradon	2	0,68	15	0,17
Limite basse en eau	3	-0,04	80	0,06

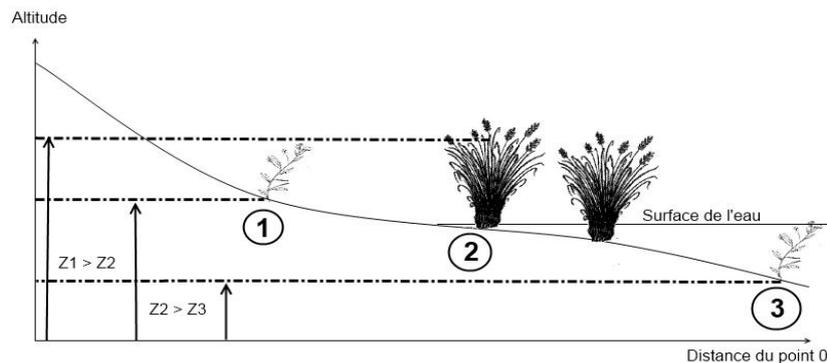


Figure 6 : Schéma théorique d'un transect (B. GUILLO 2012)

Comme illustré dans figure 7, l'altitude Z1 est supérieure à l'altitude Z2, pourtant c'est Z2 qui marque la limite de l'extension horizontale de *Ludwigia*.

Recherche de corrélation entre les variables échantillonnées :

La distribution des trois variables a été testée (Altitude, recouvrement et hauteur de la Jussie) à l'aide du test de Shapiro-Wilk afin de déterminer si les données suivent une loi Normale ou non. Ce test a été réalisé à l'aide du logiciel R 2.15.1.

Tableau 4 : Test de normalité sur les variables étudiées

	Altitude	Recouvrement <i>Ludwigia</i>	Hauteur <i>Ludwigia</i>
P-Value	0.0001162	5.906e-14	2.391e-16

Pour les 3 variables étudiées, les P-values obtenues sont inférieures à 0,05. Les variables étudiées ne sont donc pas distribuées normalement, les tests statistiques réalisés par la suite seront donc non paramétriques.

Test de corrélation de Spearman entre les variables étudiées :

Tableau 5 : Corrélation non-paramétrique de Spearman et Intervalle de confiance

			Intervalle de confiance 1000 répliques (IC 95)	
	P-value	Rho de Spearman	Inférieur	Supérieur
Altitude/Hauteur <i>Ludwigia</i>	0.004	-0.195	-0.341	-0.040
Altitude/Recouvrement <i>Ludwigia</i>	2.359e-11	-0.436	-0.559	-0.300

Un test de corrélation non paramétrique a été réalisé entre les différentes variables : Le test de corrélation de Spearman, le coefficient Rho de Spearman indique également le sens et la force de la corrélation. De plus, un intervalle de confiance sur la valeur du Rho de Spearman a été calculé. Le calcul de l'IC95 permet de « borner » le Rho de Spearman en effectuant un bootstrap sur les données. Cette méthode correspond à une inférence statistique par succession de ré-échantillonnage. Le Rho de Spearman a été calculé 1000 fois de suite en effectuant un tirage avec remise sur la matrice comportant 214 relevés. Ce calcul permet d'apprécier la variabilité de Rho, de borner la valeur calculée en premier lieu par les valeurs extrêmes observés au sein des 1000 répliques du calcul de Rho. Le calcul de l'IC95 est également fiable au seuil de 5%.

En résumé, les corrélations (Tableau 5) indiquent que plus l'altitude est élevée plus le recouvrement de *Ludwigia* est faible et d'autre part, que plus l'altitude est élevée plus la hauteur des pieds de *Ludwigia* est faible.

Synthèse des données récoltées :

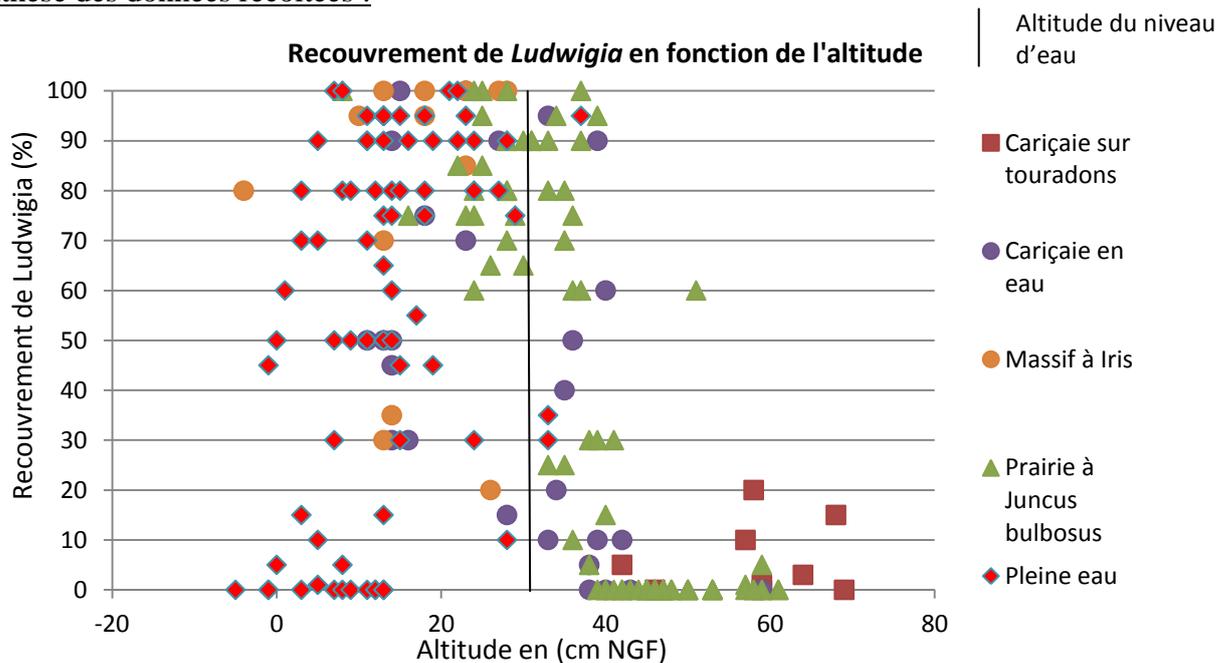


Figure 7 : Représentation graphique de l'ensemble du jeu de données récolté

Les résultats indiquent que sur la gamme de hauteur topographique mesurée, il existe une grande variabilité des pourcentages de recouvrement de *Ludwigia*. Ceci se traduit d'un point de vue graphique par la dispersion des points sur la figure 8. Visuellement, un effet des associations végétales semble se dégager dans la relation entre le pourcentage de recouvrement de *Ludwigia* et l'altitude. La présence de jussie sera donc bornée à l'intérieur de chaque formation végétale et un coefficient de corrélation de Spearman sera calculé entre le pourcentage de jussie et la hauteur topographique afin de rechercher des corrélations entre ces deux paramètres.

Tableau 6 : Synthèse des données de présence de la Jussie le long du gradient topographique et corrélation de Spearman entre % de jussie et hauteur topographique à l'intérieur des associations végétales

	Altitude moyenne	Gamme d'altitude	Corrélation % Ludwigia / hauteur topographique	
			p-value	Rho de Spearman
Cariçaie en eau	26 ± 11	[11 ; 42]	0.1731	- 0.2941
Cariçaie sur touradon	58 ± 9	[42 ; 68]	1,0000	- 0.0285
Massif à Iris	17 ± 9	[- 4 ; 28]	0.2940	0.3153
Pleine eau	14 ± 8	[- 1 ; 37]	0.0694	0.2232
Prairie à <i>Juncus bulbosus</i>	32 ± 9	[8 ; 59]	0.0005	- 0.4956

Une seule corrélation apparaît comme significative : celle obtenue dans les pelouses à *Juncus bulbosus*. Au sein de ces pelouses, la jussie est corrélée négativement à la hauteur topographique : plus la hauteur topographique augmente, moins le pourcentage de jussie est important. Cette corrélation est d'autant plus forte qu'elle soutient à elle seule la corrélation entre pourcentage de recouvrement de *Ludwigia* et altitude au sein de la distribution entière. Les autres corrélations testées sont non-significatives, le pourcentage de recouvrement de *Ludwigia* est donc indépendant de la hauteur topographique dans ces zones.

Il reste intéressant pour le gestionnaire d'apprécier le risque de colonisation d'un site en fonction de sa topographie. Afin d'obtenir cette information, le jeu de données brut sera modifié afin d'intégrer les relevés dans des classes d'altitude topographique de 5cm NGF. Ce pas a été choisi car l'amplitude topographique étant plutôt faible au sein des prairies, de petites classes sont recommandées afin d'apprécier finement le phénomène observé. A chaque classe est associé un pourcentage de recouvrement de *Ludwigia*. Deux scénarios de colonisation sont envisagés : Un scénario de colonisation moyenne, où chaque classe topographique est soutenue par le pourcentage de recouvrement moyen observé en son sein, et un scénario de colonisation maximum où chaque classe est soutenue par le recouvrement maximum observé.

N.B : Pour ce graphique, les relevés sur touradons ont été extraits car ces relevés représentent des pics d'altitude ponctuels au sein des cariçaies.

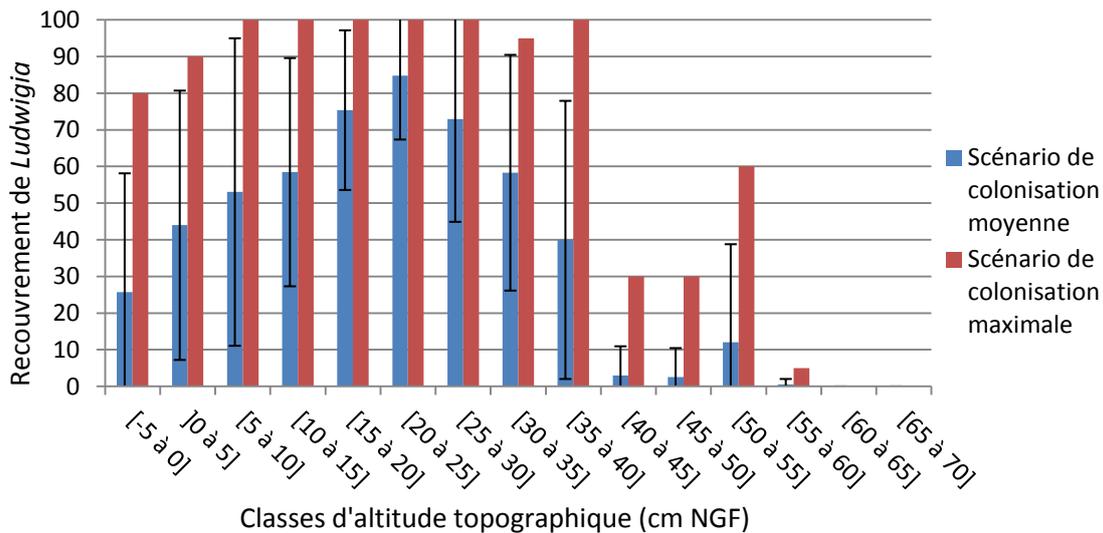


Figure 8 : Répartition de *Ludwigia grandiflora* le long du gradient topographique par classes de 5cm NGF, selon deux scénarios de colonisation

La figure 9 indique que la quasi-totalité des classes d’altitudes échantillonnées sont colonisées par *Ludwigia*. Les classes de 40 cm à 60cm NGF sont soutenues uniquement par les relevés effectués sur les pelouses à *Juncus bulbosus*. Cette figure indique que dans les zones en eau (de -5 à 40 cm NGF) la répartition de la jussie suit une cloche, la classe d’altitude la plus colonisée étant la classe [20 ; 25] cm NGF.

b) Répartition de *Ludwigia* selon les associations végétales présentes :

Description du jeu de données :

Bréca : 170 relevés

Nombre d’espèces recensées : 89

Nezyl : 200 relevés

Statistiques descriptives du jeu de donnée :

	% Jussie inter-site
Test de Shapiro-Wilks	p-val = 2,2 E-16
Test de wilcoxon	p-val = 0,1945

Le test de Shapiro-Wilks est significatif, les données ne sont donc pas distribuées normalement en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement de la jussie sur nos deux sites. L’utilisation de tests paramétriques sur cette variable est donc compromise. Afin de tester s’il existe une différence en termes de pourcentage de recouvrement de jussie entre les deux sites étudiés, un test de Wilcoxon a été réalisé. Le résultat de ce test (p-val = 0,1945) indique qu’il n’existe donc pas de différence significative entre les pourcentages de recouvrement de jussie entre nos deux sites. Les données des deux sites seront donc traitées ensembles.

Analyses multi-variées :

Afin de décrire le jeu de données dans son ensemble, des Analyses en composante principale ont été réalisées sur la matrice globale (Cf Annexe 7). Le jeu de donnée comportait 4 relevés écrasant la distribution au centre du graphique (fig 15 et 16 Annexe 7) ; ces relevés ont donc été extraits. La figure 17 présente le résultat obtenu après trois ACP, et n'indique pas de ségrégation graphique de groupes homogènes le long des axes. Le seul groupe formé se trouve au centre du graphique et donc n'est pas « expliqué » par les axes présentés ici, qui sont pourtant les plus explicatifs. L'observation graphique est également confirmée par le faible pourcentage d'inertie sur les axes (5,45%). Néanmoins, afin de distinguer des effets entre variables, le jeu de données a été simplifié. Les espèces inventoriées ont été classées par type biologique selon la nomenclature IBMR (Indice Biologique Macrophytique Rivière). Les espèces ont également été classées en groupes, les groupes formés rassemblent les grandes graminées, les petites graminées, les grandes héliophytes, l'ensemble des Joncs et l'ensemble des Carex. D'autres variables ont été calculées comme le recouvrement hors jussie et la richesse spécifique. Enfin, la hauteur d'eau moyenne du relevé a été intégrée au jeu de données. Une ACP a été effectuée sur ce jeu de données transformé. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure 10 ci-après.

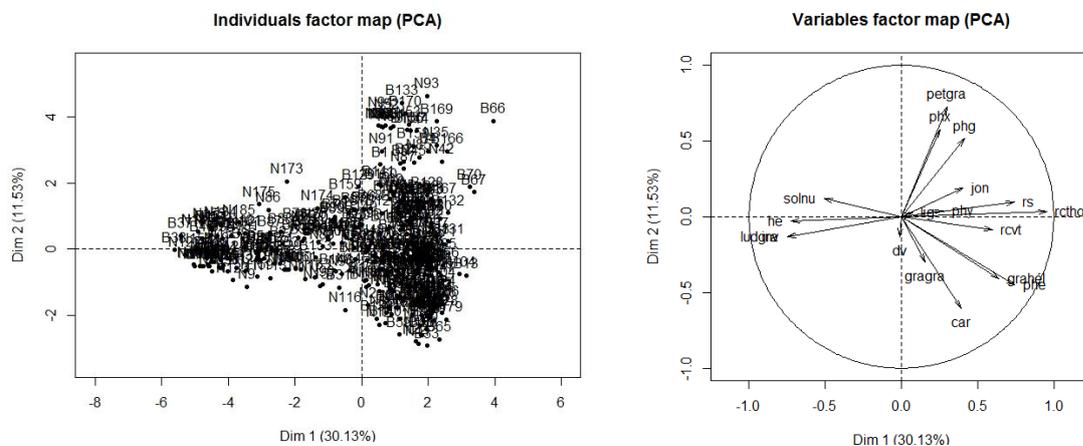


Figure 9 : Résultat de l'analyse en composante principale sur les facteurs au sein du jeu de données

Le pourcentage d'inertie sur les axes est bien plus important que sur la première analyse (30,13%). La projection des variables sur le plan factoriel, indique que le pourcentage de recouvrement de *Ludwigia grandiflora* est fortement corrélé à la hauteur d'eau (he), et au recouvrement total des espèces invasives (inv). Il est opposé à la richesse spécifique du relevé (rs), au recouvrement hors jussie (rcthor) et au recouvrement des joncs (jon). Il semble présenter une indépendance vis-à-vis des types biologiques des autres espèces selon la classification IBMR des phanérogames (phx : non aquatiques ; phy : hydrophytes ; phg : hydrophytes ; phe : Hélophytes) et des grand groupes de végétaux recensés (gragra : grandes

graminées ; petgra : petites graminées ; grahel : grandes hélopytes ; ligneux : lig ; car : carex) ainsi que vis-à-vis des débris végétaux (dv).

Afin de former des groupes de relevés présentant une moindre dissimilarité et de pouvoir extraire leurs caractéristiques générales, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur les deux jeux de données évoqués précédemment. Sur le jeu de données global, cette analyse forme 5 groupes (Cf Annexe 6 Fig 18) et sur le jeu de données transformé, l'analyse propose 4 groupes de relevés (Cf Annexe 6 Fig 17). Or, lors des inventaires de terrain, 10 grands types de formations végétales ont été échantillonnés. Les groupes formés par les CAH ont néanmoins été extraits et analysés, cependant ils ne font pas ressortir les formations végétales.

Aucune de deux analyses multi-variées testées ne permet de regrouper les relevés par associations végétales. Par conséquent, cette classification a été effectuée manuellement en se basant sur le contenu des relevés, complétés par les noms des formations végétales inventoriées qui ont été déterminés à partir d'observations de terrain. Cette classification a abouti à la formation de 10 groupes, représentant chacun une association végétale homogène. Ces associations végétales sont présentées dans la figure 11 ci-après. Afin de constituer des groupes de relevés, des tests de la somme des rangs de Wilcoxon ont été réalisés pour déterminer s'il y a une différence significative du pourcentage de recouvrement de Jussie entre les associations végétales échantillonnées. Les différences non-significatives observées, ont permis de regrouper les associations végétales entre elles du point de vue du pourcentage de recouvrement de jussie qu'elles accueillent. Le résultat de ces tests est représenté par un opérateur graphique sur la figure X ci après, et les p-values sont en Annexe 8 fig 20.

Groupe		Espèces dominantes	% recouvrement moyen	Indice d'Ellenberg (humidité)	% Jussie	Différences non significatives du % de jussie (Wilcoxon)
1	Dépression à <i>Scirpus fluitans</i>	<i>Scirpus fluitans</i>	13,1 ± 27,9	9	45,9 ± 30,3	≠ non significatives
		<i>Callitriche brutia</i>	9,1 ± 24,8	11		
		<i>Agrostis stolonifera</i>	5,75 ± 16,7	8		
		<i>Iris pseudacorus</i>	3,1 ± 10,8	9		
	Cariçaie en eau	<i>Iris pseudacorus</i>	7,7 ± 16,5	9	38,3 ± 37,9	
		<i>Scirpus fluitans</i>	6,2 ± 19,7	9		
		<i>Agrostis stolonifera</i>	4,7 ± 11,5	8		
	Massif à Iris	<i>Agrostis stolonifera</i>	3,8 ± 14,7	9	37,8 ± 37,9	
		<i>Iris pseudacorus</i>	31,8 ± 22,7	9		
		<i>Agrostis stolonifera</i>	6,2 ± 12,7	8		
		<i>Carex elata</i>	3,2 ± 12,4	9		
	Massif à <i>Scirpus lacustris</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	2,8 ± 7,7	7	22,3 ± 32,5	
		<i>Scirpus lacustris</i>	31,8 ± 25,4	10		
<i>Agrostis stolonifera</i>		15,0 ± 24,8	8			
<i>Phalaris arundinacea</i>		9,6 ± 24,8	7			
2	Prairie à <i>Juncus effusus</i>	<i>Calystegia sepium</i>	3,6 ± 7,0	7	8,6 ± 19,6	
		<i>Juncus effusus</i>	44,2 ± 33,2	7		
		<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	10,9 ± 15,8	9		
		<i>Agrostis stolonifera</i>	10,2 ± 17,2	8		
	Prairie à <i>Juncus bulbosus</i>	<i>Agrostis canina</i>	6,8 ± 19,9	8	7,6 ± 12,4	
		<i>Juncus bulbosus</i>	21,5 ± 34,3	8		
		<i>Juncus bufonius</i>	15,6 ± 26,0	7		
		<i>Agrostis stolonifera</i>	14,3 ± 15,7	8		
	Prairie à <i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Scirpus fluitans</i>	14,0 ± 17,3	9	6,8 ± 16,4	
		<i>Agrostis stolonifera</i>	32,7 ± 26,9	8		
		<i>Juncus heterophyllus</i>	7,6 ± 16,0	8		
		<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	6,4 ± 12,6	9		
	3	Cariçaie sur touradon	<i>Scirpus fluitans</i>	6,2 ± 19,4	9	5,8 ± 15,4
<i>Carex elata</i>			63,0 ± 25,1	9		
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>			11,6 ± 12,2	9		
<i>Calystegia sepium</i>			10,3 ± 9,8	7		
Phragmitaie		<i>Agrostis stolonifera</i>	10,2 ± 12,7	8	0,05 ± 0,2	
	<i>Phragmite australis</i>	58,9 ± 30,6	9			
	<i>Carex elata</i>	16,5 ± 20,4	9			
	<i>Phalaris arundinacea</i>	10,7 ± 22,8	7			
4	Molinaie	<i>Calystegia sepium</i>	8,5 ± 7,8	7	0 ± 0	
		<i>Molinia caerulea</i>	72,3 ± 33,3	5		
		<i>Juncus effusus</i>	18,2 ± 23,8	7		
		<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	12,3 ± 17,7	9		
		<i>Lysimachia vulgaris</i>	6,0 ± 6,8	9		

Figure 10 : Description et classification des associations végétales en fonction du pourcentage moyen de jussie observé

Ce tableau hiérarchise les associations végétales entre elles du point de vue du pourcentage de recouvrement moyen de Jussie qu'elles accueillent. Les associations végétales ne présentant pas des pourcentages de recouvrement de Jussie significativement différents ont été groupées. Néanmoins, certaines ont été séparées car elles constituent des cas particuliers qui seront explicités dans la partie discussion. Cette analyse forme donc 5 groupes :

Groupe 1 : Associations végétales fortement colonisées

Groupe 2 : Associations végétales moyennement colonisées

Groupe 3 : Associations végétales faiblement colonisées

Groupe 4 : Associations végétales non colonisées

B. Expérience de germination

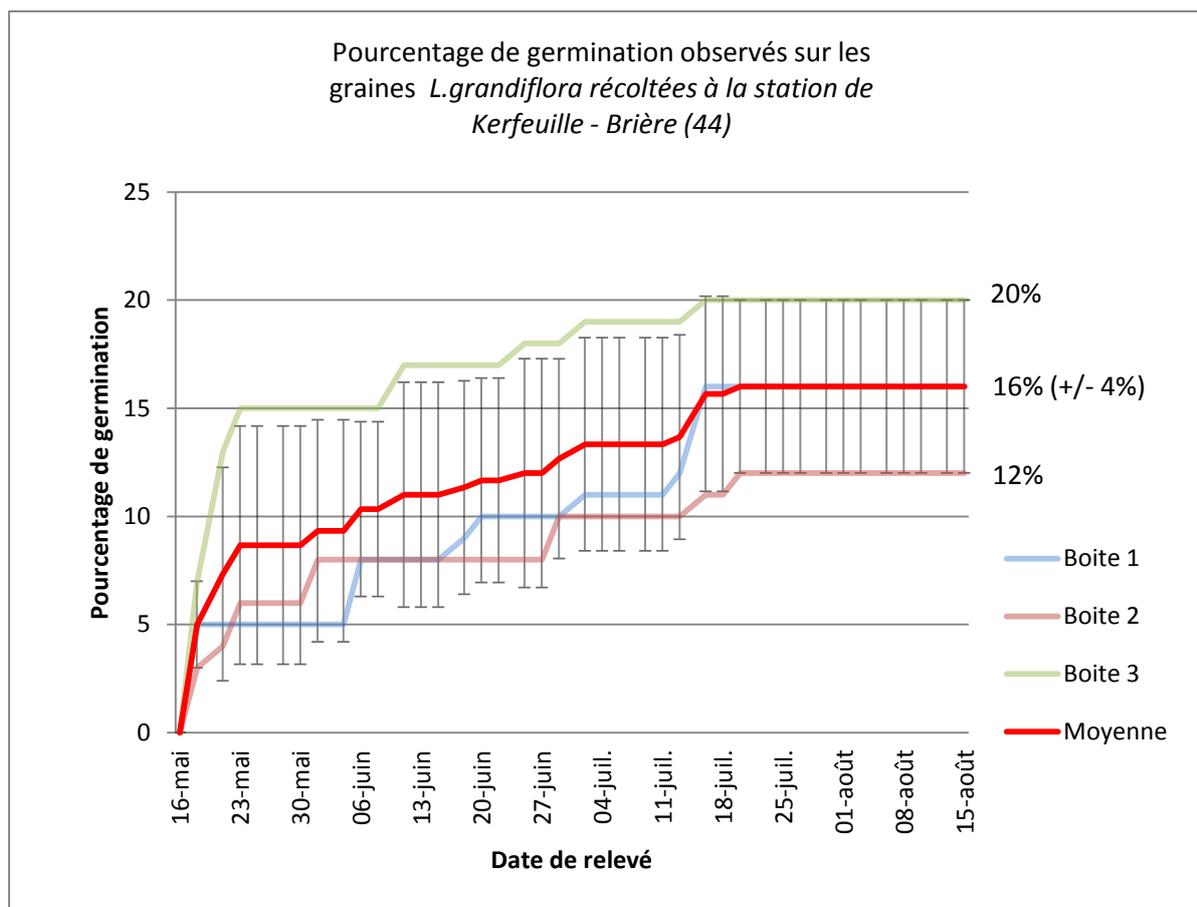


Figure 11 : Pourcentage de germination observé sur les graines de *L.grandiflora* récoltées à Kerfeuille - Brière (44) 8 mois après récolte

Petit étang de Biscarosse (40)	5%	Touzot, 1999
Marais d'Orx (40)	0 à 10%	Touzot, 1999
Tarn (81)	4%	Berner, 1971
La Siagne (06)	0%	Dandelot, 2004
Maraix d'Orx (40)	0%	Dandelot, 2004
Mazerolles	14%	Noel, 2010
Brière, Kerfeuille (en prairie)	16% +/- 4%	Mavel & Guillo, 2012
Apigné	18%	Noel, 2010
Mazerolles (en prairie)	22.8 +/- 23.3 %	Cabral, 2011
Suscinio (56)	28.5%	Briant, 2008
Loire Moyenne	34% (23% plantules)	Briant, 2008
	47 +/- 28%	Ruax et al., 2008

Figure 12 : Comparaison du pourcentage de germination obtenu avec les données bibliographiques

IV. Discussion

1. Etude de la répartition de *Ludwigia* en prairie humide :

a) Répartition de *Ludwigia* le long du gradient topographique :

Les limites maximales de répartition obtenues dans le cadre de cette expérience permettront une fois la carte de topographie établie, d'apprécier les limites de colonisation théorique par *Ludwigia* à l'échelle des marais de Brière. Les limites de répartition évoquées ici représentent des valeurs extrêmes caractérisant la valence écologique de *Ludwigia grandiflora* le long du gradient topographique.

La limite haute sur prairie exondée (0,59 m NGF), est assez élevée pour une espèce inféodée aux milieux aquatiques. Ceci montre bien sa capacité à s'affranchir du milieu de par son caractère amphibie et sa grande plasticité.

La limite basse de colonisation (-0,04 m NGF) semble par contre peu cohérente avec son écologie. En effet, la bibliographie indique que *Ludwigia grandiflora* peut s'installer jusqu'à 3 m de profondeur (Dutartre *et al.*, 1989) alors qu'ici son aire de répartition s'interrompt à 37 cm de profondeur. Cette limite a été observée sur un plan d'eau peu colonisé malgré l'espace libre disponible. Cette faible colonisation peut s'expliquer par (i) l'absence de végétation qui pourrait retenir les boutures et aider à l'implantation de *Ludwigia*, (ii) une turbidité et une coloration de l'eau importante à Bréca engendrant une opacité relative de la colonne d'eau et (iii) une éventuelle physicochimie de l'eau défavorable. L'absence d'autre végétation sur cet étang laisse supposer la prédominance des deux derniers points.

Les corrélations observées au sein du jeu de donnée indiquent que le recouvrement et la hauteur de jussie sont inversement corrélés à l'altitude. Le gradient de recouvrement traduit le gradient hydrique sous-jacent et le lien qui existe entre la Jussie et ce dernier. Le stress hydrique s'exprime également à travers la corrélation identifiée entre la hauteur de Jussie et altitude : à basse altitude, où les milieux sont en eau, la plante est sous forme érigée traduisant la maturité du peuplement ainsi que les bonnes conditions écologiques (Legrand, 2002) ; à altitude élevée, la plante est sous forme prostrée, forme adoptée en réaction au stress (Legrand, 2002).

Au sein des formations végétales échantillonnées, l'analyse des corrélations entre pourcentage de recouvrement et altitude ne sont pas significatives sauf pour les biotopes limites¹ (significatif pour les prairies exondées à *Juncus bulbosus* (p-val = 0.0694) et à la limite de significativité pour les zones en eau (p-val = 0,0694)). Ce phénomène est une autre illustration de la forte capacité de colonisation et de l'importante plasticité de *Ludwigia* lui permettant de s'adapter aux conditions du milieu.

¹ Biotopes les plus hauts et les plus bas où la Jussie à été recensée. (cf fig. 8)

A partir des données récoltées, un outil d'aide à la gestion a été construit. Il s'agit de la répartition de *Ludwigia grandiflora* le long du gradient topographique par classes de 5 cm NGF, selon deux scénarios de colonisation (Fig. 9). Cet outil prédictif permettra au gestionnaire d'estimer la colonisation potentielle d'un site à travers des mesures topographiques. Le postulat de base étant que tous les biotopes colonisables du site ayant servi à la construction de cet outil suite à sa colonisation la plus ancienne et une gestion des niveaux d'eau homogène depuis une dizaine d'année, le sont effectivement. Deux scénarios de colonisation y sont représentés : à chaque classe de topographie est associé le pourcentage de recouvrement de *Ludwigia* moyen et maximal observé sur le site de Bréca.

Cet outil présente cependant des limites d'utilisation. (i) La gestion par pâturage du site est un facteur efficace de fragmentation et de dispersion de la Jussie. En effet, il suffit qu'une bouture soit transportée sous le sabot d'un bovin pour qu'elle soit « plantée » par ce dernier, car le piétinement des prairies humides met à nu le substrat riche et humide qu'est la tourbe et donc créé un milieu favorable à l'installation de *Ludwigia*. Cette hypothèse a été vérifiée par des observations de terrain, où la présence de traces de piétinement de bovins et présence de jussie sont très souvent associés. En l'absence de pâturage, il est fort probable que la limite topographique haute de colonisation ait été abaissée et que les classes d'altitude comprises entre 40 et 60 cm NGF ne soient pas colonisées car elles sont soutenues par des relevés positionnés haut sur les pelouses à *Juncus bulbosus*. (ii) Les relevés sur touradons ont été extraits de la distribution pour la création de ce graphique, car ils constituent des pics d'altitudes ponctuels au sein des cariçaias et ne caractérisent pas l'extension latérale de *Ludwigia* (Cf Fig. 6). Ces micro-systèmes retiennent l'humidité créant des conditions favorables au développement de la Jussie à des altitudes surelevées, où, sur prairie, le stress hydrique est trop intense pour permettre le développement de *Ludwigia*. Compte tenu de l'altitude élevée des touradons (0,17 m NGF), il semble peu probable que la Jussie s'y soit installée spontanément ou via la dispersion par les crues. Toutefois, de nombreuses traces et fécès d'oies (*Anser Anser*) et de ragondins (*Myocastor coypus*) ont été observées sur les touradons de Bréca. Il est donc fort probable que ces structures soient le lieu d'un important flux de boutures de Jussie véhiculées par la faune.

Afin d'améliorer la précision des résultats, l'échantillonnage pour cette étude devrait être réalisé à l'aide d'un tachéomètre. Une autre expérience du même type pourrait être mise en place sur une prairie à colonisation récente afin de savoir quelles sont les classes topographiques colonisées en premier lieu par *Ludwigia*, afin de les pointer comme milieu particulièrement sensibles et d'axer la gestion et la surveillance sur ces zones en premier lieu.

b) Répartition de *Ludwigia* selon les associations végétales présentes :

L'analyse de la projection des variables sur le plan factoriel effectué sur le jeu de données simplifié (Fig 10 p.20) indique que le pourcentage de recouvrement de la Jussie est fortement corrélé à la hauteur d'eau. Cette observation est cohérente avec la bibliographie qui décrit *Ludwigia grandiflora* comme une plante hydrophyte fixée et amphibie (Sculthorpe, 1967). Son recouvrement est également corrélé avec le pourcentage de recouvrement des espèces invasives recensées car elle soutient à elle seule la quasi-totalité de cette classe. *Ludwigia* est donc l'espèce végétale invasive la plus abondante dans les prairies du Nézy et de Bréca (d'autres végétaux invasifs y ont été recensés notamment *Bidens frondosa* au Nézy et *Cotula coronopifolia* à Bréca). Le plan factoriel indique également que le recouvrement de *Ludwigia* semble opposé à la richesse spécifique du relevé et corrélé au pourcentage de sol nu. Ce phénomène illustre le fait que *Ludwigia* soit une grande compétitrice par rapport aux espèces autochtones qu'elle élimine via la compétition et l'allélopathie. En effet, *Ludwigia* est capable de faire régresser et disparaître, l'ensemble des hydrophytes enracinées, une partie des héliophytes de petite taille de bordure des eaux et peut limiter le développement des plantes flottantes (Dutartre *et al.* 1989). Ce phénomène traduit également la banalisation écologique des biotopes envahis par *Ludwigia* (Grillas *et al.*, 1992). Enfin le pourcentage de recouvrement de Jussie étant opposé au recouvrement des Joncs sur le plan factoriel, une compétition semblerait exister entre les deux espèces. Il serait possible de tester cette compétition par la mise en place d'une expérience de sur-semis après arrachage de la jussie. Le pourcentage de Jussie semble présenter une relative indépendance vis-à-vis des autres types biologiques représentés, une analyse plus fine de la relation Jussie/association végétale serait donc nécessaire.

Les résultats obtenus à l'aide des outils d'analyses multivariées ne font pas ressortir les groupements végétaux échantillonnés ni sur le jeu de données global, ni sur le jeu de données simplifié. Cette observation paraît cohérente car au sein des sites échantillonnés, il existe de nombreux gradients mésologiques, ce qui implique que les associations végétales se chevauchent. Si de grands types de formations végétales peuvent être identifiés par l'observation de la végétation dominante, il n'en est pas moins que le contenu des relevés peut ne pas représenter de façon fiable l'association considérée du fait de la forte variabilité de la composition floristique. De plus, la présence de la jussie engendre une forte homogénéisation des relevés. Selon Guinochet en 1973, « *L'association est une combinaison originale d'espèces dont certaines, dites caractéristiques, lui sont plus particulièrement liées, les autres étant qualifiées de compagnes* ». Les espèces caractéristiques des associations végétales

échantillonnées ont été identifiées et ont permis de regrouper les relevés selon le pourcentage de recouvrement de ces espèces au sein de chaque relevé, ajusté par rapport à la formation végétale échantillonnée.

Le tableau de résultat final (Fig. 11 p.22) hiérarchise les associations végétales échantillonnées par rapport au pourcentage de recouvrement moyen de jussie qu'elles accueillent. Il s'agit d'un outil utile pour le gestionnaire car il pourra évaluer la colonisation potentielle d'un site en fonction des associations végétales présentes, et donc axer la gestion sur les sites les plus sensibles ou à protéger en priorité. Comme l'échantillonnage a été réalisé sur les deux sites les plus anciennement colonisés de Brière (site de Bréca et du Nézy) où l'on suppose que tous les biotopes potentiellement colonisables le sont effectivement (climax* de la colonisation par *Ludwigia*), les pourcentages de recouvrements moyens au sein de chaque association végétale sont considérés comme étant les plus importants observables à l'échelle des marais de Brière.

Les tests de Wilcoxon ont permis de former 4 groupes d'associations végétales différentes du point de vue de leur « invasibilité » par la Jussie. Les coefficients d'Ellenberg associés à chacune des plantes dominantes des associations échantillonnées montrent que les associations végétales les plus colonisées sont celles qui sont le plus inféodées au milieu aquatique. Ceci est en accord avec la bibliographie qui décrit la jussie comme une héliophyte à caractère amphibie. Ainsi, le groupe le plus fortement envahi est soutenu par les relevés effectués dans les zones à *Scirpus fluitans* ($45,9 \pm 30,3$ % de Jussie), les relevés effectués dans les cariçaias au pied de touradons ($38,3 \pm 37,9$ % de Jussie), les massifs à *Iris pseudacorus* ($37,8 \pm 37,9$ % de jussie) et ceux à *Scirpus lacustris* ($22,3 \pm 32,5$ % de jussie). Les coefficients d'Ellenberg des espèces dominantes compris en 9 et 10 pour le facteur « humidité » ; le groupe 2, moyennement envahi est soutenu par les formations prairiales que sont les pelouses à *Juncus effusus* ($8,6 \pm 19,6$ % de jussie), *Juncus bulbosus* ($7,6 \pm 12,4$ % de jussie) et *Agrostis stolonifera* ($6,8 \pm 16,4$ % de jussie) (coefficients d'Ellenberg compris entre 7 et 8,) positionnées sur des zones plus exondées que le premier groupe ; le groupe 4, soutenu uniquement par les formations à *Monilia caerulea* est le seul exempt de toute colonisation ayant été échantillonné. Ces formations ne sont pas inféodées à des milieux aquatiques, le coefficient d'Ellenberg de *Molinia caerulea* la définit comme une plante mésohydrique. Le biotope où cette formation se développe n'est pas assez humide pour permettre le développement de *Ludwigia grandiflora*. Toutefois, les résultats obtenus sur la colonisation des associations végétales ne sont pas toujours en accord avec leur hydrophilie identifiée selon les indices d'Ellenberg. Ainsi le groupe 3, malgré des coefficients d'Ellenberg associés

aux espèces dominantes de 9, est soutenu par deux formations végétales faiblement colonisées par la jussie : les cariçaies sur touradon ($5,8 \pm 15,4$ % de Jussie) et les phragmitaies ($0,05 \pm 0,2$ % de Jussie). Les cariçaies sur touradons sont peu colonisées, malgré que les zones en eau le soient plus intensément. Ceci est directement à associer à deux phénomènes : (i) les interactions de compétition, en défaveur de la jussie, réalisées par les Carex et (ii) le fonctionnement particulier des touradons, créant de micro-sites particuliers, tant d'un point de vue hydrométrique que du point de vue flux de boutures.

Il est à noter que les relevés effectués sur touradon font partie intégrante de la formation « cariçaie » : le pourcentage de Jussie moyen observé ici est donc à ajouter à celui obtenu dans les relevés effectués dans les cariçaie en eau, afin d'obtenir la colonisation globale de la zone. Les cariçaies sont donc des milieux très propices à l'installation de *Ludwigia*, surtout dans les zones en eau où la Jussie y est très recouvrante, mais également sur les touradons où elle y est présente de façon moins importante car il s'agit d'un biotope limite d'un point de vue répartition topographique. La jussie est rare au sein des phragmitaies, malgré le fait que ces formations soient inféodées au milieu aquatique, illustrant la bonne compétitivité de *Phragmites australis* vis-à-vis de *Ludwigia*. En effet, non seulement cette espèce forme des herbiers denses constituant un frein mécanique vis-à-vis des boutures de *Ludwigia*, mais ces formations hautes génèrent un ombrage important, facteur limitant le développement de la Jussie. Ces propriétés compétitrices de *Phragmites australis* pourraient être utilisées en gestion, mais l'un des objectifs au sein de ce territoire était de reconquérir de la prairie sur les phragmitaies. L'application de cette compétition à grande échelle semble donc compromise. Toutefois, des essais de sursemis pourraient être effectués afin de créer des barrières naturelles à la dispersion de la Jussie.

Bien que sur les sites échantillonnés, les associations végétales soient nombreuses, toutes les associations végétales de Brière n'y sont pas présentes. Il serait intéressant de répéter l'expérience sur d'autres sites très colonisés où d'autres associations végétales sont présentes. Ceci pourrait permettre de constituer une base de données solide afin d'apprécier finement le risque de colonisation en fonction des associations végétales à l'échelle des marais de Brière.

2. Expérience de germination :

Le taux de germination obtenu sur les graines récoltées à Kerfeuille (Brière, 44) en octobre 2011 et mises en germination 8 mois plus tard est de $16 \pm 4\%$. En comparaison avec les données recensées dans la bibliographie (Fig.13 p.23), le site de Kerfeuille présente une population de *Ludwigia grandiflora* qui est classée en 5^{ème} position (sur 11) des plus fertiles de France. Ce taux de germination est donc très élevé, d'autant plus qu'il s'agit de la première

année de fructification avérée, les performances de reproduction sexuée pourraient s'améliorer si ce phénomène venait à se généraliser et à se stabiliser.

Supposée uniquement soutenue par la multiplication végétative, la mise en évidence de reproduction sexuée effective constitue une modification profonde de la capacité de dispersion, (en intensité et en distance) de *Ludwigia grandiflora* en Brière, remettant en cause les connaissances acquises sur la dispersion. La production de graines fertiles remet en cause l'efficacité des barrières physiques que représentent les joncs, les phragmites vis-à-vis de la Jussie. En effet, si celles-ci sont efficaces pour des boutures de quelques centimètres de longs, il est peu probable qu'elles le soient pour des graines flottantes mesurant moins de 1 mm. De même, les pièges à boutures, modes de gestion préventive, se seront probablement pas plus efficaces sur les graines. Du fait de la petite taille des graines, la zoochorie* sera plus intense et les vecteurs seront plus variés. Ces phénomènes peuvent faire remonter la jussie le long du gradient topographique et coloniser des associations végétales qui étaient indemnes jusqu'ici. L'idée générale est que les risques qui ont été caractérisés ici seront à reconsidérer profondément si rien n'est fait pour endiguer la production de capsule. Il sera nécessaire pour le gestionnaire de limiter un maximum la production de capsules, par exemple par un arrachage minutieux que possibles des clones fertiles identifiés et/ou une fauche précoce sur les zones de fructification.

Les capsules récoltées ont été stockées au laboratoire à température ambiante et dans une atmosphère sèche. Elles n'ont donc pas subi de vernalisation*, les graines testées ici n'ont pas été exposées aux mêmes conditions que celles restées sur site durant l'hiver 2011. Les taux de germinations obtenus ici sont ainsi à nuancer, le potentiel germinatif des capsules produites par *Ludwigia grandiflora* pourrait être différent dans le milieu naturel. Les capsules testées ici sont issues de la première fructification avérée de *Ludwigia grandiflora* en Brière, que la bibliographie indique comme étant extrêmement variable selon les sites considérés (Dandelot, 2004). Plusieurs hypothèses peuvent être formulées quand à l'apparition de la reproduction sexuée chez cette espèce. L'absence de fructification antérieure, malgré 18 ans de colonisation suggère que *Ludwigia*, n'était pas autocompatible. La fructification peut avoir pour origine une mutation spontanée ayant engendré la levée des gènes de blocage de l'autocompatibilité*. Ce phénomène peut également être lié à une hybridation, avec un second clone qui se serait installé ou avec *Ludwigia peploides* (recensée en 2010 dans le Parc Naturel de Brière). Ces hypothèses devraient être testées via une expérience de génétique sur les clones fertiles observés à Kerfeuille.

V. Conclusion

Les expérimentations menées ici ont permis de mieux comprendre la répartition de *Ludwigia grandiflora ssp. grandiflora* dans les prairies humides de Brière. Que ce soit le long du gradient topographique, ou en fonction des associations végétales, la grande amplitude écologique de la Jussie, sa plasticité et sa forte compétitivité lui ont permis de coloniser des biotopes très différents. Ceci se traduit par une large répartition de *Ludwigia* au sein des prairies humides échantillonnées. L'échantillonnage ayant été effectué sur les sites les plus anciennement colonisés de Brière, à colonisation supposée climacique, le *preferendum* écologique de *Ludwigia* estimé par le recouvrement maximum de Jussie observé dans des conditions écologiques homogènes correspond à un scénario maximum. Les données obtenues ont permis d'établir deux outils prédictifs et complémentaires sur la colonisation potentielle maximale d'un site en fonction de sa topographie et des associations végétales présentes.

L'expérience de germination a démontré la fertilité des capsules produites en 2011. L'apparition de ce nouveau mode de reproduction laisse de nombreuses questions en suspens, d'une part sur l'origine du phénomène, mais également sur les conséquences que cette nouvelle voie de dispersion peut engendrer sur le rythme et l'intensité de la dispersion de la Jussie. L'impact de la dispersion par graines sur l'extension de la colonisation par *Ludwigia grandiflora* au sein des marais de Brière reste inconnu, mais il serait important de limiter, autant que faire se peut (au travers de fauches ou arrachages précoces), la généralisation du phénomène de fructification et d'éviter la dispersion des clones fertiles.

Les études menées sur la colonisation de la jussie selon les associations végétales a également permis de mettre en évidence les capacités compétitrices effectives du Phragmite et des cariçaies denses sur la Jussie. Celles-ci pourraient être utilisées de manière préventive, si elles n'étaient pas en désaccord avec la gestion réalisée sur ces sites, visant à limiter la fermeture du milieu par maintien des pratiques agricoles, de manière à favoriser la biodiversité du site. Toutefois, au vu de la colonisation par la Jussie, menaçant directement cette biodiversité, les objectifs de gestion du site pourraient être à reconsidérer.

Ces éléments de biologie et d'écologie des populations de Jussie en Brière montrent toute la difficulté d'une gestion préventive de cette espèce. Celle-ci est toutefois indispensable, les expérimentations d'actions curatives menées sur les sites ne donnant pas jusqu'à présent de résultats satisfaisants.

VI. Glossaire :

Actinomorphe :

Se dit d'une fleur présentant une symétrie radiale.

Atterrissement :

Comblement lié à l'apport de matériaux alluvionnaire. Avec le temps, les atterrissements se végétalisent naturellement et peuvent constituer un obstacle à l'écoulement.

Autocompatibilité :

Capacité d'une plante à former des graines fertiles par autofécondation de chaque fleur.

Biotope :

« lieu de vie » défini par un ensemble de caractéristiques physiques et chimiques uniformes. Sur ce milieu se développe un ensemble d'espèces constituant la biocénose.

Caryologique :

Critère décrivant la structure du noyau des cellules.

Climax :

Etat final d'une succession écologique, il représente l'état le plus stable dans les conditions abiotiques existantes.

Dialypétales :

Se dit d'une fleur présentant des pétales complètement indépendant, s'oppose à gamopétale, fleur dont les pétales sont soudés.

Formule florale :

Succession de chiffres, de lettres et symboles décrivant la morphologie d'une fleur. Les lettres symbolisent la nature des pièces florales (S = sépale ; P = pétales ; T = tépales ; E = étamines ; C = carpelles) mais également la symétrie de la fleur (O=actinomorphe ; X = zygomorphe). Les chiffres indiquent le nombre de pièces florales, les symboles (parenthèse ou crochets) indiquent la soudure entre les organes. Enfin la position de l'ovaire est indiquée (_ = Ovaire infère ; ^ = Ovaire supère).

Invasion biologique :

La définition retenue dans le cadre de ce travail sera celle approuvée par le Ministère de l'écologie et du développement durable, le Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Cette définition évoque l'invasion biologique comme étant le fait d'une espèce qui a accru son aire de répartition initiale, avec ou sans rapport avec l'activité humaine, et constitue, dans l'aire nouvellement conquise, une ou des populations pérennes se reproduisant et se maintenant sur place sans d'obligatoires apports extérieurs (Pascal *et al.*, 2003). Ce concept, intègre les invasions biologiques spontanées (ou sans rapport direct avec l'action de l'Homme), identifiées à l'échelle des temps géologiques qui ont participé à l'évolution dans sa globalité (Duplessy *et al.*, 1990) ainsi que les invasions biologiques sub-spontanées (ayant un rapport indirect avec les actions de l'Homme) et les introductions volontaires (qu'elles soient accidentelles ou délibérées).

Phénotype :

Le phénotype est l'ensemble des caractères observables d'un individu, qu'ils soient anatomique, morphologique, moléculaire, physiologique, ou éthologique.

Stipules :

Pièces foliaires, au nombre de deux, en forme de feuilles réduites situées de part et d'autre du pétiole, à sa base, au point d'insertion sur la tige.

Substance allélopathiques :

Substances sécrétées dans le cadre d'interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (micro-organismes inclus) au moyen de métabolites secondaires. La sécrétion de ces substances à un rôle déterminant dans la compétition entre les espèces.

Vernalisation :

Période de froid subie par la graine et nécessaire pour la faire passer du stade *végétatif* au stade reproductif.

Zoochorie :

Mode de dispersion des graines ou des diaspores des végétaux par le biais de vecteurs animaux.

VII. Annexes

Annexe 1 : Récapitulatif des protections réglementaires concernant les marais de Brière

Type d'entité	Nom	Identifiant (DREAL 44)
Natura 2000	GRANDE BRIERE ET MARAIS DE DONGES	FR5200623
Parc Naturel Régional	PARC NATUREL REGIONAL DE BRIERE	
Secteur d'application de la convention RAMSAR	GRANDE BRIERE MARAIS DU BASSIN DU BRIVET	FR200013
Site inscrit	BRIERE	4434
ZNIEFF de type I (1ère génération)	MARAI DE GRANDE-BRIERE	10030007
ZNIEFF de type I (2ème génération)	MARAI DE GRANDE BRIERE	10030007
ZNIEFF de type II (1ère génération)	MARAI DE GRANDE BRIERE, DE DONGES ET DU BRIVET	1003
ZNIEFF de type II (2ème génération)	MARAI DE GRANDE BRIERE, DE DONGES ET DU BRIVET	10030000
Zone de Protection Spéciale (ZPS)	GRANDE BRIERE ET MARAIS DE DONGES	FR5212008
Zone d'importance Communautaire (ZIC)	GRANDE BRIERE ET MARAIS DE DONGES	FR5200653
Zone d'Importance pour la Protection des Oiseaux (ZICO)	MARAI DE BRIERE	PL02
Zones humides d'importance majeure	BRIERE	FR11002

Source : DREAL 44, CARMEN SIG

Disponible le 20/08/12 à l'adresse suivante :

http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/services/catalogue/catalogue.php?style=catalogue.xsl&service_idx=26

Annexe 2 : Rapport de toxicité de *Ludwigia* en tant que plante fourragère (Laboratoire CAPA-OUEST)

Centre AntiPoison
CAPA  **uest**
Animal de l'Ouest



24h/24, 7j/7 02 40 68 77 40

Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

TOXICITE DE LA JUSSIE POUR LES RUMINANTS

A ce jour, le CAPA-Ouest n'a enregistré aucun cas d'intoxication par la Jussie.

La plante renferme pourtant des principes toxiques de type saponines, mais ces saponines donnent à la plante une amertume qui ne la rendent pas appétente et la plante est très peu consommée par les animaux. Elle contient également des cristaux d'oxalate de calcium.

Les saponines sont des hétérosides très répandus dans les végétaux, sans forcément leur donner une toxicité marquée, car leur concentration est très variable. Les saponines ont des propriétés moussantes. Elles peuvent donc être responsables de *météorisation* chez les ruminants (distension du rumen liée à l'accumulation de gaz ou de mousse). Elles peuvent également provoquer une *hémolyse* (destruction des globules rouges). Enfin, elles ont des propriétés irritantes pour le tube digestif.

Les cristaux d'oxalate de calcium sont également très irritants pour les muqueuses et sont donc responsables de *douleur buccale*.

Au bilan, les risques d'intoxication après consommation de Jussie sont difficiles à estimer. En effet, la concentration en principes toxiques est mal connue, et varie sans doute selon divers facteurs liées à la plante elle-même et à l'environnement. A notre connaissance, aucun cas d'intoxication du bétail n'a été décrit à ce jour. Compte-tenu de la présence de saponines et d'oxalates de calcium, on ne peut cependant pas la proposer pour un usage, même limité, dans l'alimentation, et la prudence recommande de ne pas la distribuer aux animaux.

JUSSIE ET FERTILISATION

Des essais de compost à partir des plantes ramassées après l'arrachage sont en cours, mais à notre connaissance, les conclusions ne sont pas publiées.

La Fédération Départementale des Chasseurs de Loire-Atlantique a ainsi un projet d'épandage de compost de jussie en automne 2004. Il est peu probable qu'il y ait un danger pour les sols, mais il faut évaluer le risque de propagation de la plante suite à la germination des graines. En effet, même si ce n'est pas le principal mécanisme de multiplication, la reproduction par germination des graines participe à la dissémination des plantes, et est possible dans les prairies humides.

Nantes, le 24 mai 2004-05-24

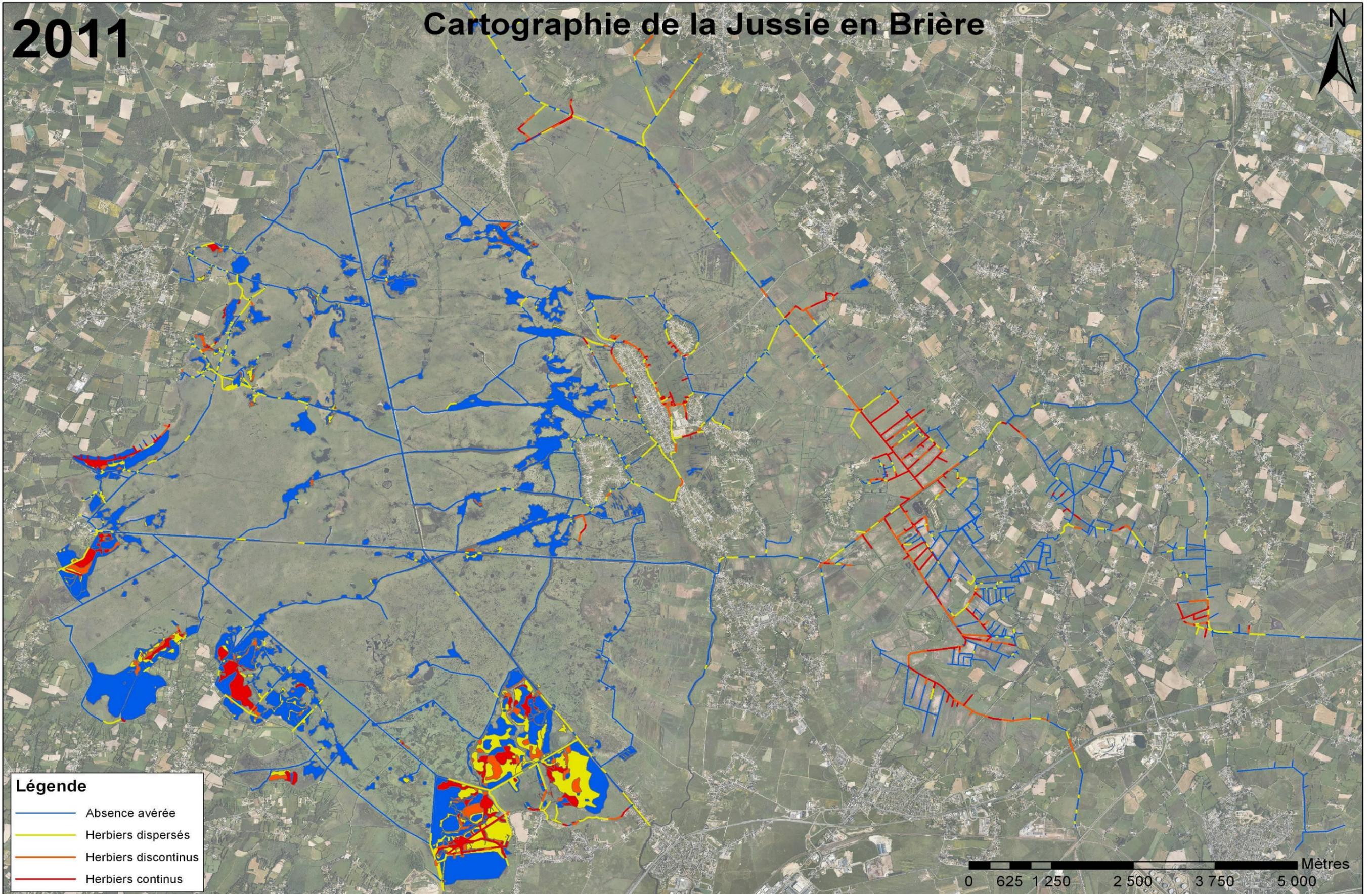
Pr Martine Kammerer

CAPA-Ouest
Unité de Pharmacologie et Toxicologie
Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes
B.P. 40706
44307 NANTES Cedex 03

☎ 02 40 68 77 40
fax 02 40 68 77 42
e-mail capaouest@vet-nantes.fr

2011

Cartographie de la Jussie en Brière



Légende

- Absence avérée
- Herbiers dispersés
- Herbiers discontinus
- Herbiers continus



Annexe 4 : Présentation du système de cartographie topographique LIDAR

LIDAR Topographique :

Le lidar topographique utilise un rayon laser dans l'infrarouge, dans une gamme de longueurs d'ondes allant de 1047 à 1540 nm. A une altitude de vol de 1000 m, il est possible de couvrir environ 50 km² par heure avec des densités très fortes (approchant le mètre carré) obtenues grâce à la cadence extrêmement élevée d'impulsions (100000 Hz). L'impulsion du lidar topographique subit de multiples réflexions sur certains obstacles, une propriété qui permet d'identifier la végétation ou d'autres objets complexes. Une littérature très abondante existe sur les caractéristiques techniques du lidar topographique.

LIDAR Bathymétrique :

Les systèmes laser bathymétriques aéroportés déterminent avec précision la profondeur de l'eau en mesurant le temps de parcours de deux impulsions laser de différentes longueurs d'onde : l'infrarouge est rétrodiffusé par la surface de la mer, l'autre (généralement le faisceau vert à 532 nm) traverse l'interface air-eau puis est réfléchi par le fond. Un récepteur optique sur l'appareil détecte l'impulsion de la réflexion à la fois sur les fonds marins et à la surface de l'océan. La profondeur de l'eau est déterminée par le temps écoulé entre ces deux événements, après prise en compte de la géométrie du système, des distorsions induites par la propagation, de la hauteur des vagues et des effets de la marée.

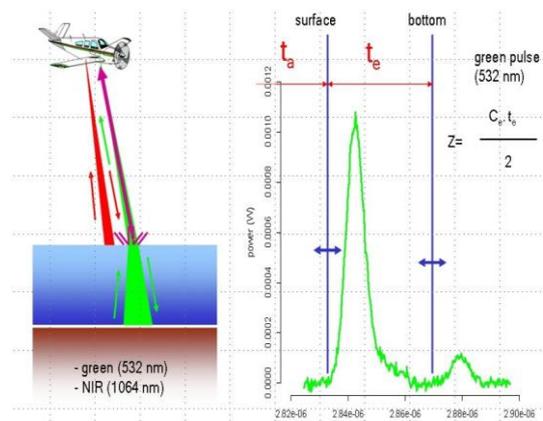


Figure 13 : Schéma explicatif de la bathymétrie LIDAR ; SOURCE : wikipedia disponible le 02-08-12

Annexe 5 : Liste des espèces végétales envahissantes recensées dans les marais de Brière

(Source : PNR de Brière)

Nom français	Nom latin	Introduction ou première identification
Élodée du Canada	<i>Elodea canadensis</i>	Fin XIX* – Début XX*
Séneçon en arbre *	<i>Baccharis halimifolia</i>	Début XX*, Le Croisic, Avant 2000 en Grande Brière
Cotule à feuilles en corne de cerf	<i>Cotula coronopifolia</i>	Avant 1970
Bident feuillé	<i>Bidens frondosa</i>	Années 1970
Jussie à grandes fleurs**	<i>Ludwigia grandiflora</i>	1994
Grand Lagarosiphon *	<i>Lagarosiphon major</i>	Avant 1995
Myriophylle du Brésil *	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	1990-2000
Azolle fausse fougère	<i>Azolla filiculoides</i>	Avant 2000
Égérie dense	<i>Egeria densa</i>	Avant 2000
Renouée du Japon	<i>Reynoutria cf japonica</i>	Avant 2000
Hydrocotyle à feuilles de Renoncule	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	2006
Balsamine de l'Himalaya	<i>Impatiens glandulifera</i>	2006
Ambrosie à feuilles d'Armoise *	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	2007
Crassule de Helm	<i>Crassula helmsii</i>	2011
Invertébrés		
Ecrevisse de Louisiane*	<i>Procambarus clarkii</i>	1987- 1988
Crabe chinois	<i>Eriocheir simensis</i>	Avant 2000
Physe aigüe	<i>Physa acuta</i>	2009
Poissons		
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Vers 1900
Poisson chat	<i>Ameiurus melas</i>	Vers 1929
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	Entre 1972 et 1985
Gambusie	<i>Gambusia holbrooki</i>	Vers 1995
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	Identifié en 2004
Autres vertébrés		
Rat musqué *	<i>Ondatra zibethicus</i>	1960 - 65
Ragondin *	<i>Myocastor coypus</i>	1975-1980

*Espèce gérée ; + Expérimentation ou recherche-développement

Annexe 6 : Les différentes espèces de Ludwigia présente en France : taxonomie détaillée

Tableau 7 : Description des espèces du genre Ludwigia recensées dans la bibliographie

Sources : Jovet & Bourasseau, 1952 ; Jovet & Vilmorin, 1979 ; Tela Botanica, 2012.

Nom latin	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliot		<i>Ludwigia peploïdes</i> (Kunth) P.H Raven	<i>Ludwigia grandiflora</i> Michx
Synonymes	<i>Ludwigia repens</i> Sw., <i>Ludwigia nitida</i> Michx., <i>Ludwigia apetala</i> Walter., <i>Isnardia palustris</i> L.		<i>Jussiaea repens</i> L. var glabrescens Kuntze.	<i>Jussiaea repens</i> sensu Coste non L. <i>Jussiaea michauxiana</i> Fern. <i>Ludwigia urugayanensis</i> (Camb) Hara.
Sous-espèce			<i>Ludwigia peploïdes</i> (Kunth) P.H.Raven subsp. <i>montevidensis</i> (Spreng.) P.H.Raven. <i>Ludwigia peploïdes</i> subsp. <i>peploïdes</i>	<i>Ludwigia grandiflora</i> subsp. <i>hexapetala</i> (Hook. & Arn.) G.L.Nesom & Kartesz
Nom commun	Ludwigie des marais, Isnardie des marais.		Ludwigia faux pourprier.	Ludwigie à grandes fleurs.
Statut	<u>Protection régionale:</u> Rhône-Alpes Franche-Comté Lorraine Alsace Basse-Normandie	<u>Arrêté :</u> 04/12/90 22/06/92 03/01/93 28/06/93 27/04/95	Invasive en France	Invasive en France
Ploïdie	-		Diploïde (2n=16)	Décaploïde (2n=80)

Annexe 7 : Résultats des premières analyses en composantes principales

Ces premières analyses ont été biaisées par des relevés écrasant la distribution au centre du graphique. Par conséquent, ces relevés ont été retirés du jeu de données afin de permettre une analyse graphique des groupes de relevés. Cette opération a été répétée deux fois pour aboutir à l'ACP présentée dans le corps du rapport.

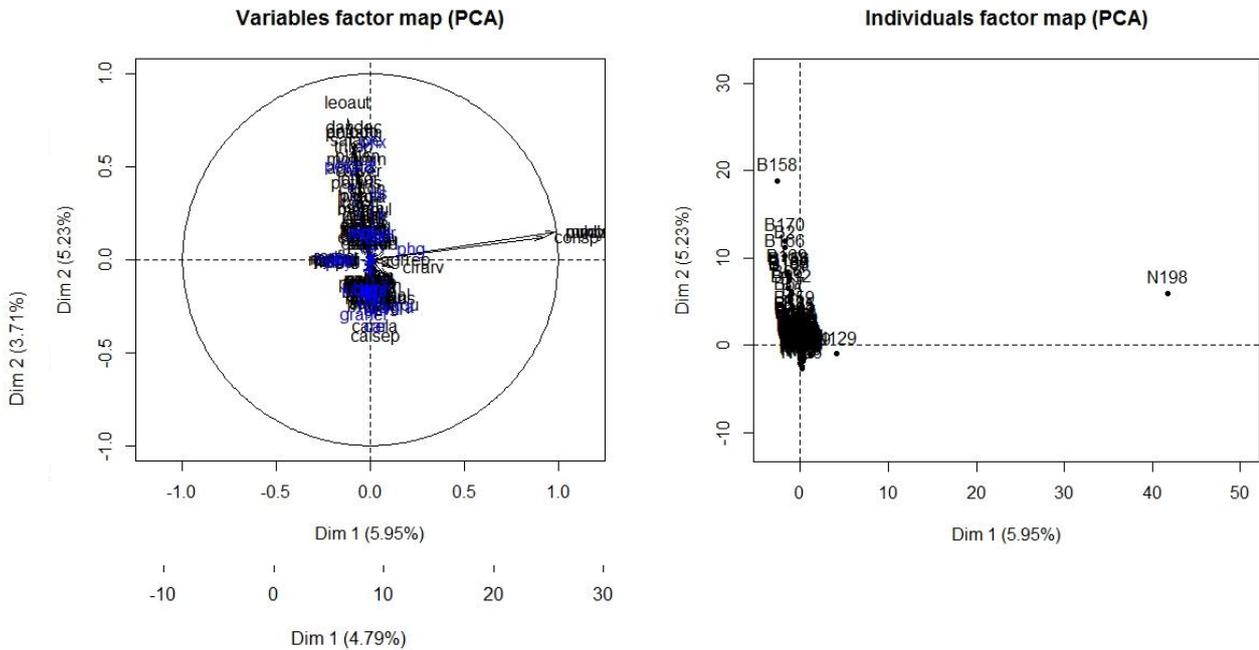


Figure 14 : Résultat de l'ACP réalisée sur le jeu de données brut

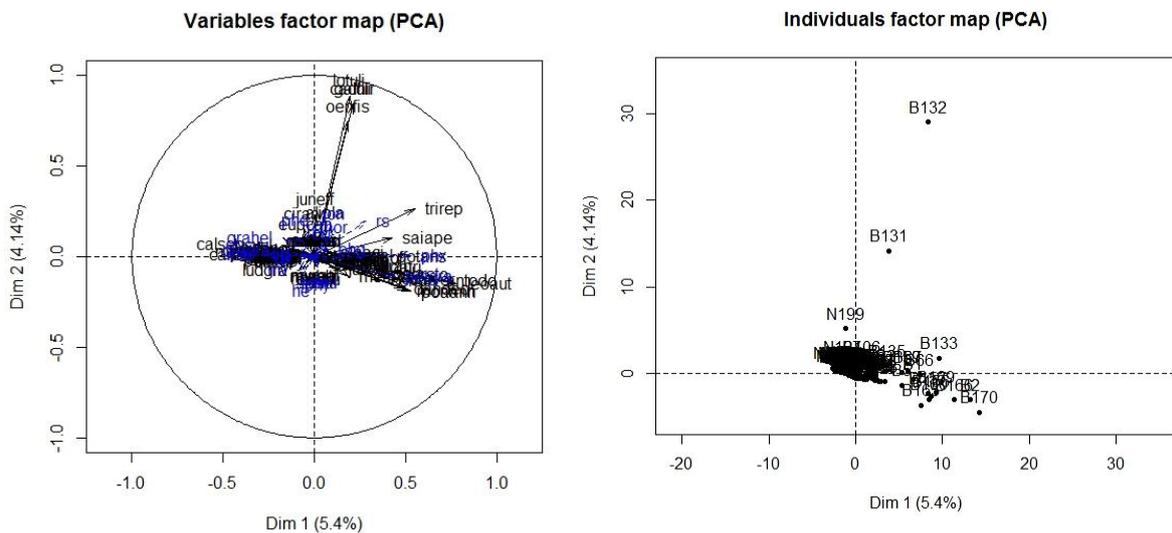


Figure 15 : Résultat de la 2ème ACP réalisée sur le jeu de données

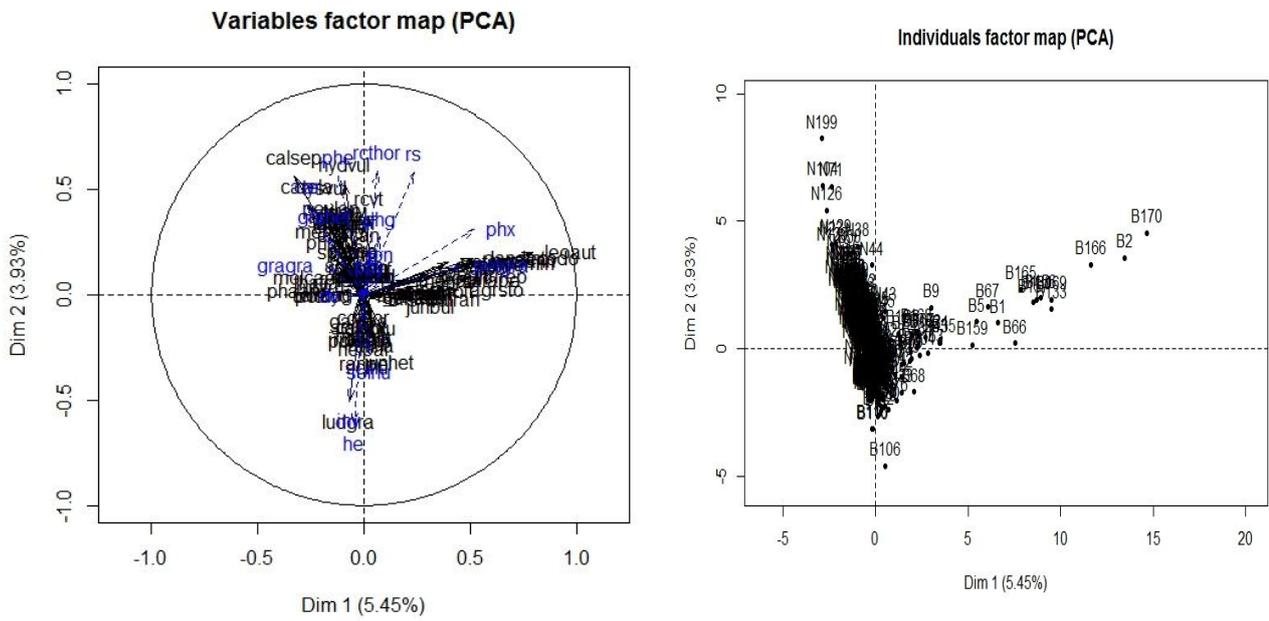


Figure 16 : Résultats finaux de l'analyse en composante principale

Les relevés qui ont été retirés du jeu de données sont les relevés B158, N198, N199 et B132.

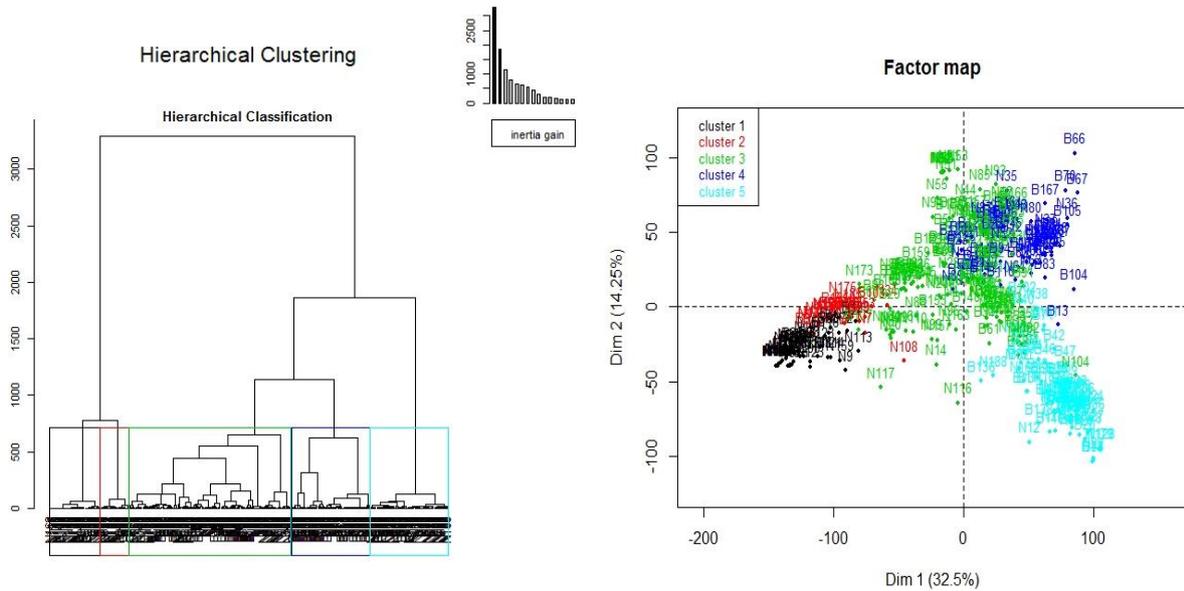


Figure 18 : Résultats de la classification ascendante hiérarchique réalisée sur le jeu de données floristiques total

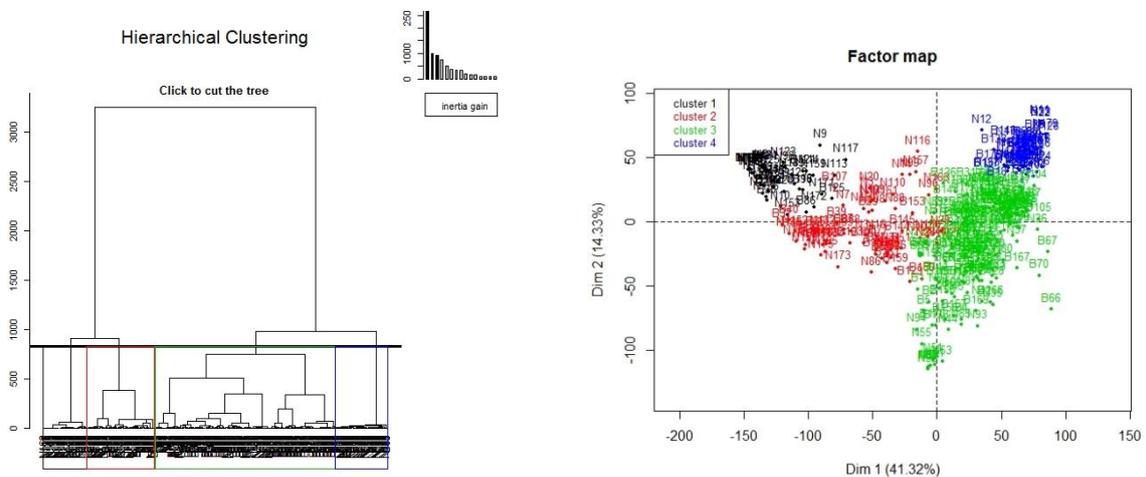


Figure 17 : Résultat de la classification ascendante hiérarchique réalisée sur le jeu de donnée transformé

Annexe 8 : Résultats de test de Wilcoxon réalisé sur les pourcentages de recouvrement de Jussie entre les associations végétales

	carE	carT	Iris	junceff	aqua	Mol	Phrag	agrost	junbul	Scilac
carE		1.989e-13	5.072e-10	5.072e-10	0.5068	5.072e-10	5.388e-09	1.102e-09	0.0001424	0.0348
carT			0.00106	0.001078	1.893e-05	NA	1	0.00155	0.02249	0.00903
Iris				1.94e-05	0.3527	6.019e-06	1.624e-06	2.447e-05	0.004594	0.1557
junceff					1.893e-05	NA	1	0.00155	0.02249	0.00903
aqua						9.163e-08	7.24e-09	2.698e-09	2.2e-05	0.01116
Mol							0.4069	0.01985	0.005003	0.0006065
Phrag								0.02832	0.005635	0.0004119
agrost									0.359	0.01835
junbul										0.2074
Scilac										
	< 0,05	Différence significative								
	> 0,05	Différence non significatif								

Figure 19 : P-value obtenues via le test de Wilcoxon en effectuant des comparaisons 2 à 2 sur les pourcentages de jussie entre les associations végétales

Bibliographie :

- BECK N. ; THIBAUT M., 2004, Parc Naturel Régional de Camargue, Cahier technique n°3, Les Ludwigias qui envahissent les milieux humides de Camargue, 19 p.
- BERNER L., 1956. Observations sur *Jussieua repens* L. (= *J. grandiflora* Michx.). Arch. Hydrobiol. : 269-291
- BERNER L., 1971. Note sur *Jussieua* en France. Bull. Cent. Étud. Rech. Sci., Biarritz : 675-692.
- DANDELLOT, S., 2004. Les *Ludwigia* spp. invasives du Sud de la France : historique, biosystématique, biologie et écologie. Université Paul CEZANNE, Aix-Marseille III, Marseille, p. 207.
- DANDELLOT, S., ROBLES, C., PECH, N., CAZAUBON, A., VERLAQUE, R., 2008. Allelopathic potential of two invasive alien *Ludwigia* spp. Aquat. Bot. 88, 311-316.
- DEBRIL J., 2005, Gestion des déchets de *Jussie* par le compostage, Agrocampus, INRA, DIREN Pays de la Loire, 37 p.
- DUPLESSY J.C., MOREL P., 1990. Gros temps sur la planète. Odile Jacob, Paris, 337 p
- DUTARTE A, HAURY J., PLANTY-TABACCHI A-M, 1997., Introductions de macrophytes aquatiques et riverains dans les hydrosystèmes français métropolitains : essai de bilan. Bull.fr.pêche piscic. :407-426.
- DUTARTRE A., FOURNIER L., OYOARZABAL J., 2000, Les plantes exotiques envahissantes dans les lacs et les étangs du littoral landais, in Muller. S., Les plantes invasives en France, Paris, Muséum national d'Histoire naturelle, collection Patrimoine naturels. p. 162.
- DUTARTRE, A., HAURY, J., DANDELLOT, S., COUDREUSE, J., RUAUX, B., LAMBERT, E., LE GOFF, P., MENOZZI, M.-J., 2006. Les Ludwigias : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion. Rapport final programme INVABIO. Cemagref, MEDD, Bordeaux, p. 88.
- DUTARTRE A., MAZAUBERT E., POULET N., 19 octobre 2010 Conférence professionnelle "Espèces invasives et biodiversité dans les milieux aquatiques" Saint-Omer, 10 p.
- DRUEL A, 2010, Etude de la colonisation par la jussie des milieux temporairement inondés en Brière, de ses impacts sur la flore et évaluation des principales interactions avec l'écrevisse de Louisiane et le ragondin, en vue de sa gestion, Agrocampus-Ouest, 44 p.
- GARCIA-BERTHOU, E., ALCATRAZ, C., POU-ROVIRA, Q., ZAMORA, L., COENDERS, G., FEO, C., 2005. Introduction pathways and establishment rates of invasive aquatic species in Europe. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 65: 453-463.
- GUINOCHET, M., 1973. Phytosociologie. 227 p. Masson. Paris.
- GINON, A., 2009. Etat de colonisation, interactions et gestion de deux espèces invasives en Brière : la *Ludwigia* et l'Écrevisse de Louisiane. Mémoire de fin d'étude, GE / PAEM-EQ, Agrocampus Ouest, Rennes, 30 pages.
- GRILLAS P., TAN HAM L., DUTARTRE A., MESLEARD F., 1992. Distribution de *Ludwigia* en France. Etude des causes de l'expansion récente en Camargue. 15ème conférence du COLUMA. 1991. Versailles. Ann. ANPP, III : 1083-1090.

- HAURY J., DAMIEN J.-P., 2012. Les invasions biologiques dans le Parc naturel régional de Brière : présentation d'une recherche-action. Sciences Eaux et Territoires n° spécial Invasions biologiques 06-2012 : 26-33 p.
- HEYWOOD V.H., 1989. Patterns, extents and modes of invasions by terrestrial plants. 31-60 p.
- MULLER S., 2004. Plantes invasives en France. Muséum d'Histoire Naturelle, Paris. 162 p.
- MINEAU, 2007. Bilan économique de la gestion des plantes envahissantes dans le bassin Loire-Bretagne, Bilan pour 2007-2012. Agence de l'eau Loire Bretagne, Aphyllanthe ingénierie, Orléans, p. 58.
- NOEL, F., 2010. La forme terrestre de la Grande Ludwigia, (*Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*) espèce invasive des Marais de l'Ouest : distribution et tests éco-physiologiques. Mémoire LPE « PARTAGER », Université de Rennes 1, AGROCAMPUS OUEST & Lycée Agricole Théodore Monod, 58 Pages.
- OLIVAUX, A., 1972. Le Parc Naturel Régional de Brière. Penn Ar Bed N°69, p227.
- OLIVIER L., GALLAND J.-P., MAURIN H. & ROUX J.-P., 1995. Livre rouge de la flore menacée de France. Tome 1 : Espèces prioritaire. Coll. Patrimoine naturel vol. 20. MNHN, CBN Porquerolles, Ministère de l'Environnement, Paris. 486 p.
- OLIVIER L., GALLAND J.-P., MAURIN H. & ROUX J.-P., 1995. Livre rouge de la flore menacée de France. Tome 1 : Espèces prioritaire. Coll. Patrimoine naturel vol. 20. MNHN, CBN Porquerolles, Ministère de l'Environnement, Paris. 486 p.
- PARC NATUREL REGIONAL DE BRIERE, Objectif 2010, Projet de charte/Rapport, 90 p.
- PARC NATUREL REGIONAL DE BRIERE, 2010, Rapport d'activité 2010, 44 p.
- PARC NATUREL REGIONAL DE BRIERE, 2012, Charte du Parc Naturel Régional de Brière - Avant Projet- (3^{ème} version), 100 p.
- PASCAL M., CLERGEAU P., LORVELEC O., 2000, invasions biologiques et biologie de la conservation essai de synthèse, Le Courrier de l'environnement n°40, 10 p.
- PASCAL Michel, LORVELEC Olivier, VIGNE Jean-Denis, KEITH Philippe, CLERGEAU Philippe, 2003. Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et extinctions, 36 p.
- PELTRE M.C., DUTARTRE A., BARBE J., 1997, biologie et écologie des espèces végétales proliférantes en France, synthèse bibliographique, Les études de l'Agence de l'Eau n°68 199 p.
- RUAUX B., 2008. Les plantes envahissantes des corridors fluviaux : traits biologiques, impacts de *Ludwigia peploides* et *L. grandiflora* en Loire moyenne et implications pour la gestion. Université François Rabelais, Tours, thèse de doctorat, 279 p.
- SCULTHORPE C.D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. E. Arnold, London, 610 p.
- VITOUSEK, P.M., MOONEY, H.A., LUBCHENCO, J., MELILLO, J.M., 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* (Washington D.C.). *Science* Vol. 277 No 5325: 494-499.
- ZEDLER, J.B., KERCHER, S., 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23, 431-452 p.

Diffusion du mémoire

A remplir par l'auteur avec le maître de stage.

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité ⁽¹⁾ :

Mémoire de fin d'études

Consultable sur place : oui non

Reproduction autorisée : oui non

Prêt autorisé : oui non

Confidentialité absolue : oui non

(ni consultation, ni prêt)

Diffusion de la version numérique : oui non

Durée de la confidentialité ⁽²⁾ :

Fiche de résumé du mémoire de fin d'études :

Résumé diffusable : oui non

Si oui, l'auteur complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e)..... Bertrand GUILLO....., propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Date : le 12/09/09 Signature :

Rennes, le

Le Maître de stage⁽³⁾,

L'auteur,

L'Enseignant responsable⁽³⁾,

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation du Pôle Agronomique de Rennes s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) La durée maximale de confidentialité est fixée à 10 ans.

(3) Signature et cachet de l'organisme.

Résumé

	Master Gestion des habitats et des bassins versants Tuteur universitaire : Florent KEMPF	Cadre réservé au Centre de ressources documentaires
Auteur : Bertrand GUILLO	Organismes d'accueil : Laboratoire ESP, Agrocampus Ouest & Parc naturel régional de Brière	
Nb pages : 30 Annexe(s) : 9 p.	Adresse : 65, rue de Saint Briec, CS 84215, 35042 Rennes 177, île de Fédrun, 44720, Saint-Joachim	
Année de soutenance : 2012	Maîtres de stage : Jacques HAURY	
Titre : Etude de la répartition de la grande jussie dans les prairies humides des marais de Brière et constitution d'outils prédictifs à la gestion		
Résumé : <p>Les marais de Brière (Loire-Atlantique, France) font l'objet, depuis plusieurs années, d'une importante colonisation par la Jussie (<i>Ludwigia grandiflora</i>). La forte plasticité de cette espèce invasive originaire du Brésil lui a permis de coloniser les prairies humides de Brière. Cette extension de son aire de répartition engendre des nuisances nouvelles, notamment vis-à-vis de l'exploitation agricole de ces sites. Afin de mieux comprendre la dynamique de cette espèce dans les prairies humides, mais également pour apporter des pistes de gestion. La répartition de la jussie a été étudiée au sein des deux prairies humides les plus anciennement colonisées de Brière, les prairies du Nézyl et de Bréca. Afin de décrire sa répartition au sein des prairies humides, deux variables mésologiques ont été choisies : Le niveau topographique et la nature des associations végétales colonisées. L'étude de la répartition de la Jussie en fonction de ces deux paramètres a permis de créer des outils prédictifs qui pourront être utilisés afin d'estimer la colonisation potentielle d'un site et de cibler les actions de gestion sur les zones les plus à risque. En parallèle, une expérience de germination a été réalisée sur des capsules issues de la première fructification de <i>Ludwigia grandiflora</i> récoltée en 2011 et dont la fertilité a été avérée en 2012. L'avènement de ce nouveau mode de reproduction chez <i>Ludwigia grandiflora</i> remet en cause la dispersion de la Jussie à l'échelle du territoire ainsi que les modes de gestion utilisés jusqu'à présent pour limiter l'extension de cette dernière.</p>		
Abstract : <p>The Brière Marshlands (in Loire-Atlantique, France) have been invaded by a significant population of water primroses (<i>Ludwigia grandiflora</i>) for some years. The high plasticity of this invasive species, which came from Brasil, permits the water primroses to colonize wet meadows, and generates new problems, mostly for farming promotion of these sites. This study has been conducted for a better understanding of this species dynamism in wet meadows and for giving leads to handle the invasion management. The repartition of <i>Ludwigia</i> was studied in the two wet meadows, which are the most formerly colonized in Brière, the meadows of Nézyl and Bréca. In order to describe <i>Ludwigia</i>'s repartition, two mesological variables have been selected: the topographic level and the nature of the vegetal community colonized. This study permits to create predictive tools for the managers, which can be use to determine the potential colonization of a site and to target management actions on the most risky zones. In parallel with this study, a germination experiment was realised <i>Ludwigia grandiflora</i>'s fruit collected in 2011 wich came from the very first fructification of this species in Brière's marshland, and their fertily has been identify in 2012. The arrival of this new reproduction mode in <i>Ludwigia grandiflora</i>, challenges water primroses's dispersion at the territorial scale, and the managements technique used until today for limiting <i>Ludwigia</i>'s extension.</p>		
Mots-clés : <i>Ludwigia</i>, <i>Ludwigia grandiflora</i>, biological invasion, invasion management, Brière, topography, vegetal community, germination, fertility	Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> Non limitée <input type="checkbox"/> Limitée (préciser au verso)	

Je soussigné **Bertrand GUILLO** propriétaire des droits de reproduction du résumé du présent document, autorise toutes les sources bibliographiques à signaler et publier ce résumé.

Date : le 03/09/2012

Signature :