Gestion des formes terrestres de jussie sur les prairies communales inondables de Lairoux et Curzon – suivi phytosociologique et opérationnel et mise en place du plan de gestion

Gaëtan DOUCHIN
Encadrement : Odile CARDOT (Parc naturel régional du Marais poitevin) et Jacques HAURY (Agrocampus ouest)
Master 2 Mention Agrosciences Environnement Territoire Paysage Forêt
Parcours ECOCAEN « Gestion et valorisation agri-environnementales
UFR des Sciences – Département Biologie Sciences de la Terre
Université de Caen Normandie
Promotion 2017/2018

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier fortement mes deux maîtres de stage pour m'avoir encadré durant ces six mois très enrichissant et complet. Jacques Haury, professeur en Ecologie-Aménagement à Agrocampus Ouest de Rennes, pour ses conseils et son aide. Odile Cardot, chargée de mission environnement au Parc naturel régional du Marais poitevin, pour son encadrement sur le terrain, que ce soit pour les relevés de végétation, pour son savoir-faire avec les acteurs sur le terrain ou bien ses conseils dans le métier.

Je tiens ensuite à remercier les personnes de Lairoux et Curzon. Madame Isabelle Bahabanian, maire de Lairoux, ainsi que les deux conseillers municipaux qui m'ont aidé sur le terrain : Pierre Chabot et Michel Coussot. Je tiens aussi à remercier Michel Coussot pour sa rapidité au travail et son savoir, qui ont été fort utile sur le terrain. Pour Curzon, je remercie Madame Irène Foll, maire de Curzon, pour son intérêt pour l'avenir du communal, ainsi que Guy-Marie Robin, conseiller en charge du communal et l'employé communal de Curzon, Frédéric Boidé, pour son aide sur le terrain ainsi que son amitié. Je tiens aussi à remercier les membres de l'association les Rouches, pour leur aide et leur courage pour les chantiers d'arrachage manuel de jussie, notamment Alain Couronneaud et Yves Le Quellec, qui m'ont tous deux aidé pour la cartographie des baisses et leur savoir sur l'histoire du communal. Et également Alexandra Palardy, écopasteure sur les communaux de Lairoux et Curzon, pour les informations qu'elle a su me donner sur le communal et les animaux.

Je tiens à remercier aussi mes collègues du PNR qui m'ont gentiment accueilli dans leur équipe, notamment Pierre Guillermin, Alain Texier, Patrick Pineau, agent technique qui est venu à plusieurs reprises me donner un coup de main sur le terrain, Dominique Giret, Régis Pasquier, Denis Allard, Clara Bayol et Delphine Decoene. Je tiens également à remercier les personnes de la LPO et de l'Office du Tourisme avec qui je partageais les locaux de Saint-Denis-du-Payré durant quatre mois : Peggy, Katia, Hugues Des Touches, Sylvain Hunault, Sébastien Pallier, Paul Trotignon, Pierre, Pauline, Noémie et Lucile Gagnor.

Je tiens enfin à remercier mes collègues d'Agrocampus ouest à Rennes : Julie Coudreuse, qui m'a beaucoup aidé en statistique, Michel Bozec, qui a su secondé Jacques dans mon encadrement, Rémi Demay, Baptiste David, Luis Portillo, Julien Genitoni, Maryline Harang, Ingrid Lévêque et Mathilde Cosnard.

Je remercie enfin l'Etablissement Public du Marais poitevin, la région Pays-de-la-Loire et la région Nouvelle-Aquitaine qui ont financé cette étude.

Merci à tous les partenaires de ce travail :

Tables des abréviations et définitions

ACP : Analyse en Composantes Principales

ANOVA : Analyse de variance

Baisse : zone de microrelief au sein d'un marais communal, inondée l'hiver et une partie de l'automne et du printemps et qui s'exonde durant l'été

Belle : zone de microrelief au sein d'un marais communal, exondée l'été et une partie de l'automne et du printemps et qui s'inonde durant l'hiver

CNPN : Conseil National de la Protection de la Nature

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

EEE : Espèce Exotique Envahissante

EPMP : Etablissement Public du Marais Poitevin

Fig. : Figure

ha : hectare

KW : Kruskall-Wallis

MAE : Mesures Agro-Environnementales

PNR : Parc naturel régional

subsp. : sous-espèce

Tab. : Tableau

UGB : Unité de Gros Bétail

Présentation du Parc naturel régional du Marais poitevin

Syndicat mixte de gestion, le Parc naturel régional du Marais poitevin se situe sur deux régions (Pays de la Loire et Nouvelle-Aquitaine) et trois départements (la Vendée, la Charente-Maritime et les Deux-Sèvres). 91 communes sont adhérentes à la Charte du Parc, ce qui représente 197 221ha (dont 107 526ha de zones humides), 149 km de côte et 199 462 habitants.

Situé dans la deuxième plus grande zone humide de France, ce territoire présente des atouts écologiques, biologiques, socio-culturels et paysagers uniques. Le Parc naturel régional accompagne l'ensemble des acteurs signataires, par l'animation du territoire, par la maîtrise d'ouvrages et par le conseil-assistance. Les domaines d'intervention du Parc sont vastes : l'aménagement du territoire (aides aux démarches urbaines et paysagères), le développement économique (soutien d'une agriculture durable et développement touristique), l'éducation à l'environnement et au développement durable (formation aux enjeux socio-économiques et environnementaux du territoire, information et sensibilisation des usagers du Marais) et la protection du patrimoine naturel (amélioration des connaissances sur le Marais poitevin, préservation et restauration des paysages et de la biodiversité).

Table des matières

Remerciements 1
Tables des abréviations et définitions 3
Présentation du Parc naturel régional du Marais poitevin 4
Table des matières 5
1. Introduction 8
2. Matériels et méthodes 12
2.1. Présentation du site d'étude 12
2.1.1. Le Marais poitevin 12
2.1.2. Les communaux de Lairoux et Curzon 14
2.1.3. La faune et la flore 16
2.2. Matériel d'étude : la jussie 18
2.2.1. Historique et distribution 18
2.2.2. Biologie et écologie 20
2.2.3. Conséquences de l'invasion 22
2.3. Contexte expérimental 24
2.4. Protocoles en 2018 26
2.4.1. Campagnes de cartographie de la Jussie et de son habitat 26
2.4.2. Relevés de végétation 28
2.5. Statistiques 30
2.6. Mise en place du plan de gestion 30
3. Résultats 32
3.1. Cartographie des baisses en eau et de la Jussie 32
3.2. Relevés de végétation sur les parcelles expérimentales 34
3.2.1. L'arrachage manuel 34
3.2.2. L'arrachage mécanique 36
3.2.3. Comparaison du pâturage simple et du pâturage à fort chargement 38
3.2.4. L'utilisation de sel 40
3.2.2. Le pâturage et la fauche simples ou combinés à l'utilisation du sel 42
3.3. Relevés phytosociologiques 44
3.4. Observations lors de la mise en place du plan de gestion 46
4. Discussion 48
4.1. L'avancée de la colonisation, grâce à l'eau et aux animaux 48
4.2. L'expérimentation des moyens de gestion 50
4.3. Les relevés phytosociologiques 54
5. Conclusion 56

Références bibliographiques 59
Table des illustrations 61
Annexes 64
Annexe 1 : Tableau des p-values concernant les différents tests statistiques des différentes expérimentations 64
Annexe 2 : Ensemble des relevés phytosociologiques 65
Annexe 3 : Evolution de la colonisation de la jussie entre 2014 et 2018 sur les communaux de Lairoux et Curzon 67
Annexe 4 : Evolution des niveaux des baisses en avril et en juillet de 2014 à 2018 68
Résumé 69

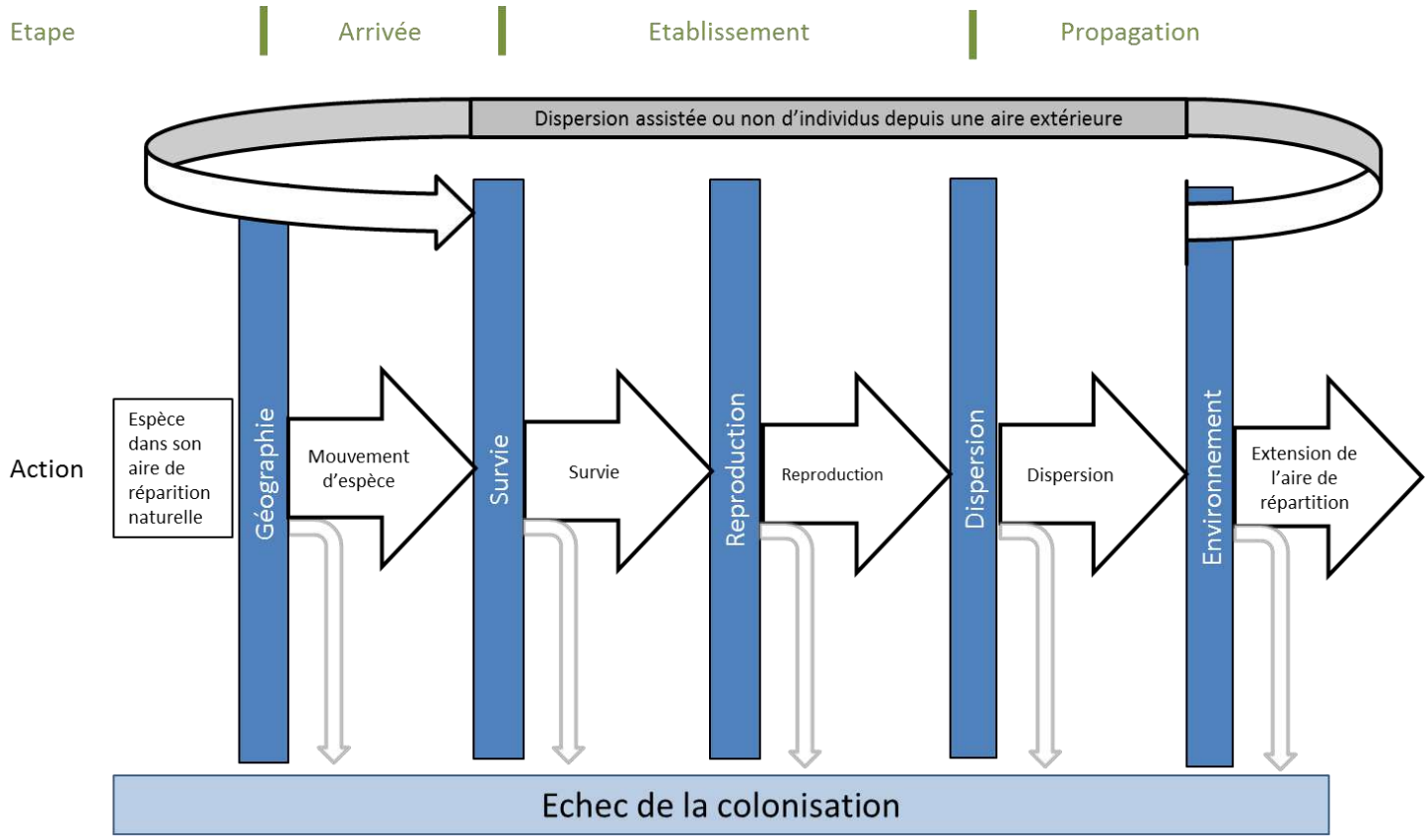


Figure 1: Schéma de colonisation Ce schéma considère à la fois la dispersion médiée par l'homme et la dispersion naturelle, et reconnaît que toute espèce dans de nouveaux environnements est soumise aux mêmes barrières de survie, de reproduction, de dispersion et d'extension de l'aire de répartition, quelle que soit leur origine. D'après Hoffmann & Courchamp, 2016.

1. Introduction

L'introduction d'espèces exotiques se fait depuis la naissance de l'agriculture, au néolithique. Depuis le XV^{ème} siècle, avec le développement du commerce et la conquête de nouvelles terres, de nombreuses espèces ont été amenées hors de leur zone géographique par l'homme de manière volontaire ou involontaire et se sont établies dans de nouvelles régions, de manière exponentielle, détruisant la faune et la flore locale (Dutartre & Oyarzabal, 1993; Dandelot, 2004). De nombreuses plantes se sont notamment implantées après s'être échappées de jardins botaniques ou d'étangs d'ornement appartenant à des particuliers (Dandelot, 2004).

Toutes les espèces envahissantes ne sont pas des espèces exotiques. En cas de dérèglement d'un écosystème, une espèce endémique peut devenir envahissante. Le caractère envahissant n'est alors qu'un symptôme du dérèglement de l'écosystème. Pour qu'une espèce exotique devienne envahissante, elle doit passer par quatre étapes (Fig.1) (Dandelot, 2004; Thouvenot, 2012; Hoffmann & Courchamp, 2016) : l'introduction (espèce introduite), la survie (espèce acclimatée), la reproduction (espèce naturalisée), et l'extension de son aire. Selon la règle des dix de Williamson et Fitter (Williamson & Fitter, 1996) : sur mille espèces introduites, cent vont s'établir et survivre, dix sont capables de se naturaliser et se reproduire et une seule devient invasive avec une forte dispersion.

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) présentent de nombreux côtés négatifs. Elles sont une cause importante de perte de biodiversité juste après les destructions engendrées par l'homme (Simberloff *et al.*, 2013). Arrivées dans un nouveau milieu, elles perturbent les interactions interspécifiques en entrant en compétition avec les espèces indigènes ou en leur transmettant des maladies nouvelles (Dutartre & Oyarzabal, 1993; van der Velde *et al.*, 2006). Pour l'homme, les espèces exotiques envahissantes présentent un coût économique, notamment dans le domaine de la culture et élevage (Thouvenot *et al.*, 2013). Elles représentent aussi un danger sanitaire parfois, comme c'est le cas de l'Ambroisie à feuilles d'armoise qui est une plante fortement allergisante (DRASS Rhône-Alpes, 2000). Cependant, toutes non pas d'effets négatifs et certaines représentent un avantage pour certaines espèces indigènes (Haury & Damien, 2012). Ainsi, la population importante d'Ecrevisse de Louisiane dans le Marais poitevin a favorisé la présence de la Loutre d'Europe (Source : Observatoire du patrimoine naturel du Marais poitevin).

Les milieux humides présentent de nombreux intérêts sociaux et économiques, notamment à travers les usages et les activités qui s'y exercent, comme la chasse,

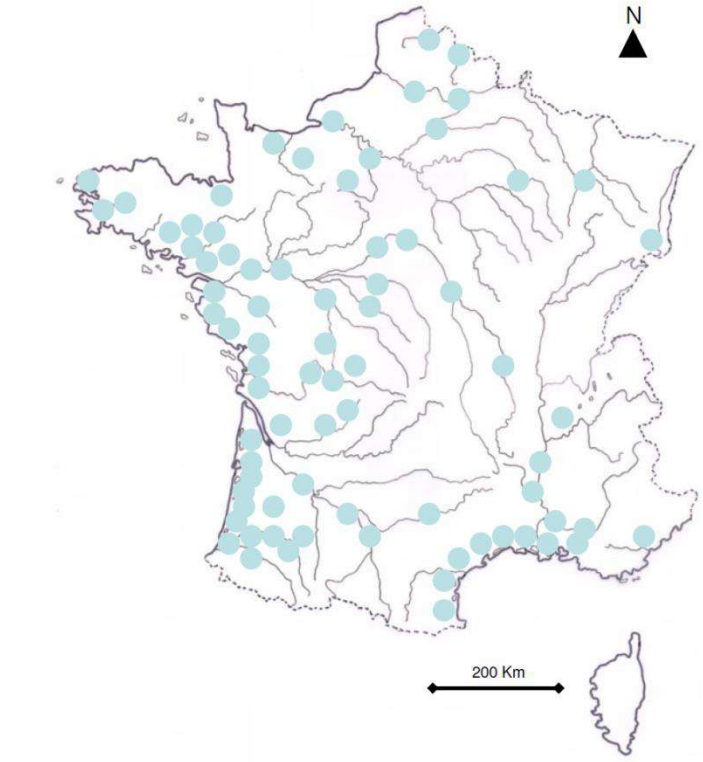


Figure 2: Distribution géographique des jussies en France en 2004. Les foyers de jussies sont représentés par les points bleues. Source : Dandelot *et al., 2004*

l'agriculture, la pisciculture ou bien le tourisme (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, 2014). Ces milieux font partie de ceux qui sont les plus impactés par les plantes invasives (van der Velde *et al.*, 2006; Thouvenot, 2012). On retrouve dans ces milieux des gradients importants (température, profondeur, courant…) et des variations saisonnières (assèchement, inondations et températures) qui créent un mélange de nombreux milieux disponibles pour une nouvelle espèce introduite, et favorise sa dispersion (Haury *et al.*, 2014). En France, 63% des espèces végétales invasives sont liées à ces milieux (Dandelot, 2004).

Dans ces milieux, deux espèces de jussie sont reconnues comme des invasives avérées (Dandelot, 2004):

- La jussie à grandes fleurs, *Ludwigia grandiflora* (Michx.) subsp. *hexapetala* (Hook. & Arn.) Nesom & Kartez (2000) (espèce décaploïde)
- La jussie rampante, *Ludwigia peploides* (Kunth) subsp. *montevidensis* (Spreng.) Raven (1963) (espèce diploïde)

Ces plantes présentant un problème en France depuis les années 90 (Fig.2), de nombreuses études ont été réalisées afin de mieux comprendre ces espèces et leur écologie, notamment des équipes françaises travaillant sur les macrophytes invasifs. Ces études ont permis d'aider à la mise en place des plans de gestion afin d'endiguer les problèmes liés à l'invasion par les formes aquatiques dans les réseaux hydrauliques et les formes terrestres de dans les prairies humides. Les jussies viennent remplacer la flore en place, entraînant l'abandon des parcelles (Lambert *et al.*, 2010; Haury & Damien, 2014). Plusieurs expérimentations ont étudié les effets de différents traitements sur les jussies, que ce soit en formes terrestres ou aquatiques, dans le but de réguler les populations et de revenir à l'état initial (Dandelot, 2004; Pottier *et al.*, 2013).

A partir de 1991, le Marais poitevin est touché par la problématique des jussies (Pierre, 2014). Depuis 2011, la jussie à grandes fleurs, présente sur le Lay depuis plusieurs années, a commencé à coloniser les prairies humides des marais communaux de Lairoux et Curzon (Pierre, 2014).

La présence de jussie se retrouve notamment sur les « baisses », zones inondées l'hiver et une partie de l'automne et du printemps et qui s'exondent durant l'été. Lors de l'été, les conditions étant défavorables à sa présence, la jussie passe sous une forme terrestre qui

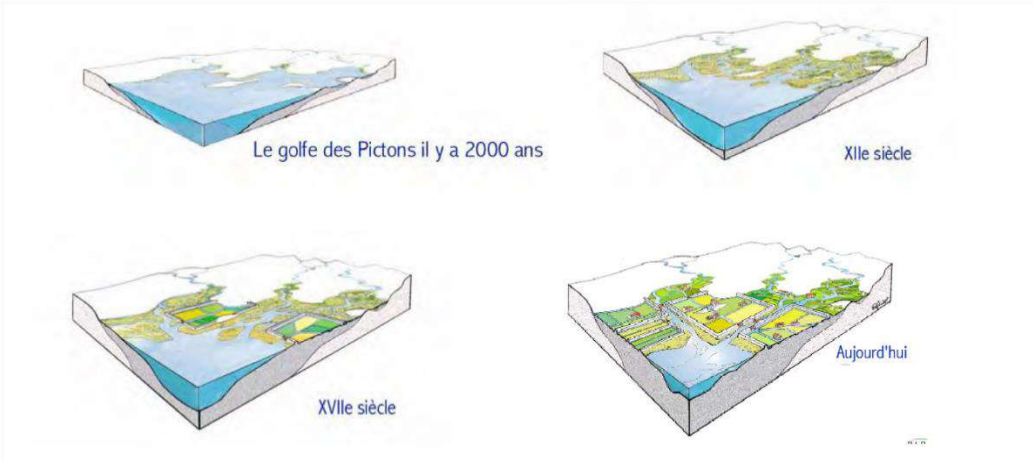


Figure 3 : Evolution du Marais poitevin au cours des vingt derniers siècles. Source : Document d'Objectifs Natura 2000 du Marais poitevin, *2003*

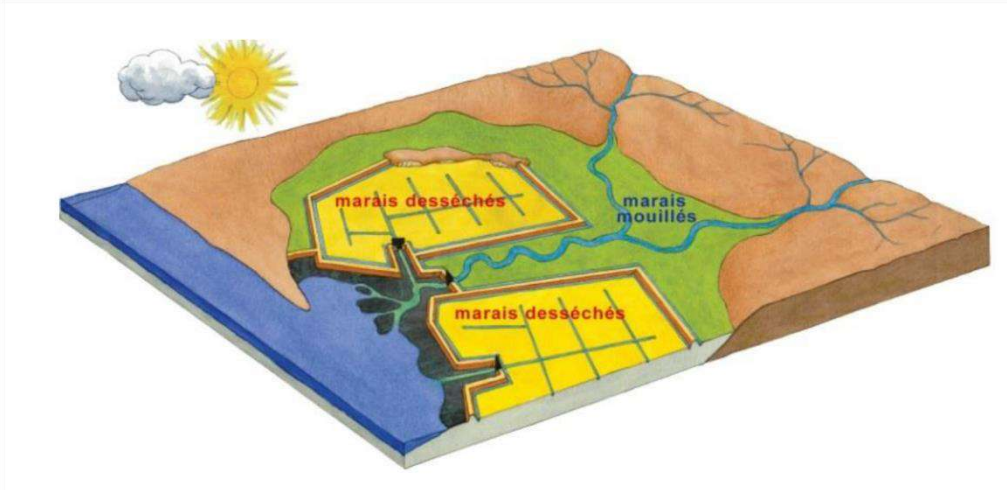


Figure 4: Schéma d'aménagement du Marais poitevin. Source : Denis Clavreul, PNR du Marais poitevin

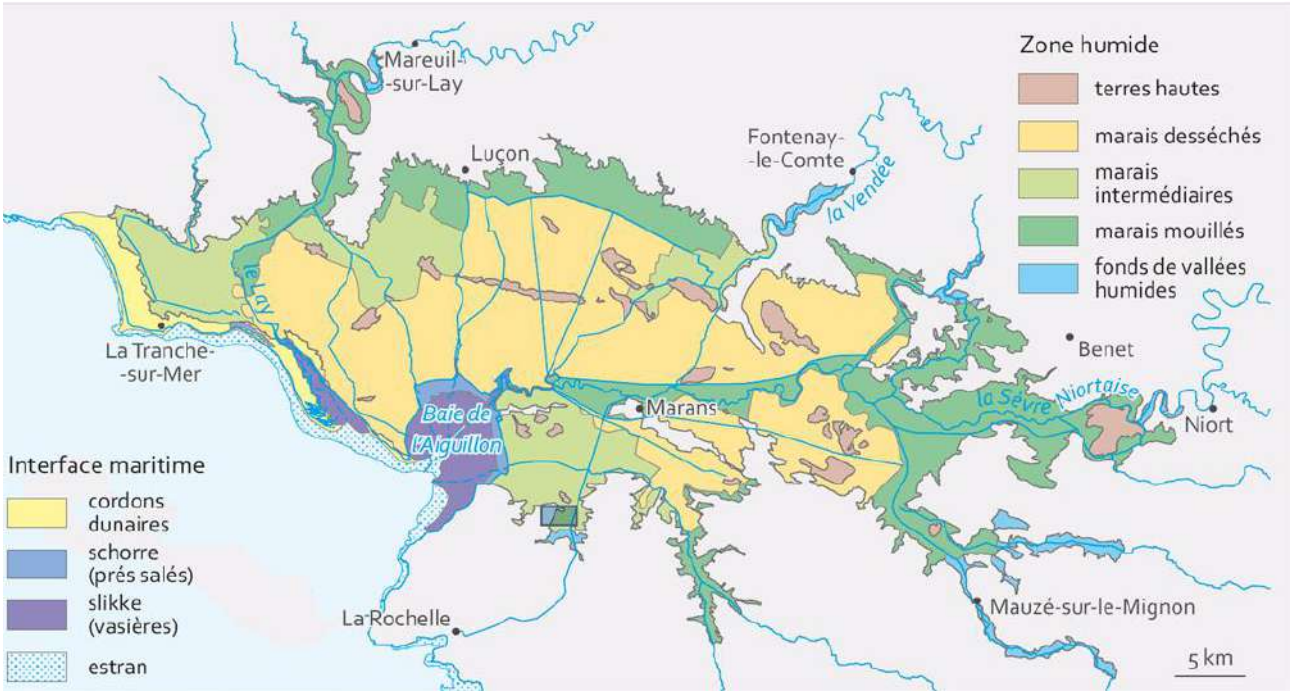


Figure 5 : Cartographie du Marais poitevin. Source : Atlas du marais poitevin, *2015*

devient plus difficile à gérer, notamment du fait de l'apparition d'un système racinaire plus développé que dans les formes aquatiques et surtout ancré dans le sol.

Ainsi, une étude de 5 ans (2014-2018) sur les communaux de Lairoux et Curzon a été mise en place par le Parc naturel régional du Marais poitevin, avec une aide scientifique (et un co-encadrement) d'Agrocampus ouest à Rennes, afin de déterminer quelles méthodes étaient les plus adaptées pour gérer la jussie sur le site en vue de la mise en place d'un plan de gestion (Pierre, 2014; Garreau-Dupin, 2015; Westrich, 2016; Philippe, 2017; Philippe *et al.*, 2017). Mon travail a consisté en 2018 à réaliser les relevés nécessaires à l'exploitation des données et à procéder à l'analyse des données sur cinq ans (2014-2018) ainsi qu'à mettre en place le plan de gestion de la jussie terrestre sur les communaux de Lairoux et Curzon.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation du site d'étude

2.1.1. Le Marais poitevin

A l'origine, le Marais poitevin était un vaste golfe, « le Golfe des Pictons », occupé par l'Océan Atlantique. Il est comblé par l'accumulation des vases marines au cours du temps. Les hommes vont commencer à le transformer dès le VIIème siècle (Fig.3). Grâce aux grands travaux d'assèchement réalisés entre le XIIème et le XVIIème siècle, les grandes entités paysagères que l'on retrouve aujourd'hui vont apparaître : les marais mouillés et les marais desséchés (Fig.4) (Syndicat mixte du Parc interrégional du Marais poitevin, 2008).

Les marais desséchés sont des marais isolés par endiguement des influences des crues fluviales et des marées. Ils comportent des réseaux hydrauliques organisés radialement et l'écoulement de l'eau se fait de manière gravitaire. Les marais mouillés, eux, correspondent à des marais inondables par crue en période pluvieuse. Un troisième type de marais existe avec le marais intermédiaire. Equipés de structures d'assèchement qui les rapprochent des marais desséchés, ils ne bénéficient pas d'un sol leur permettant un bon ressuyage ou peuvent être victimes de crues occasionnelles à cause de connections en amont (Forum des Marais Atlantiques et Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire, 1999). L'ensemble du

Figure 6 : Ouverture des communaux de Lairoux et Curzon © Gaëtan Douchin

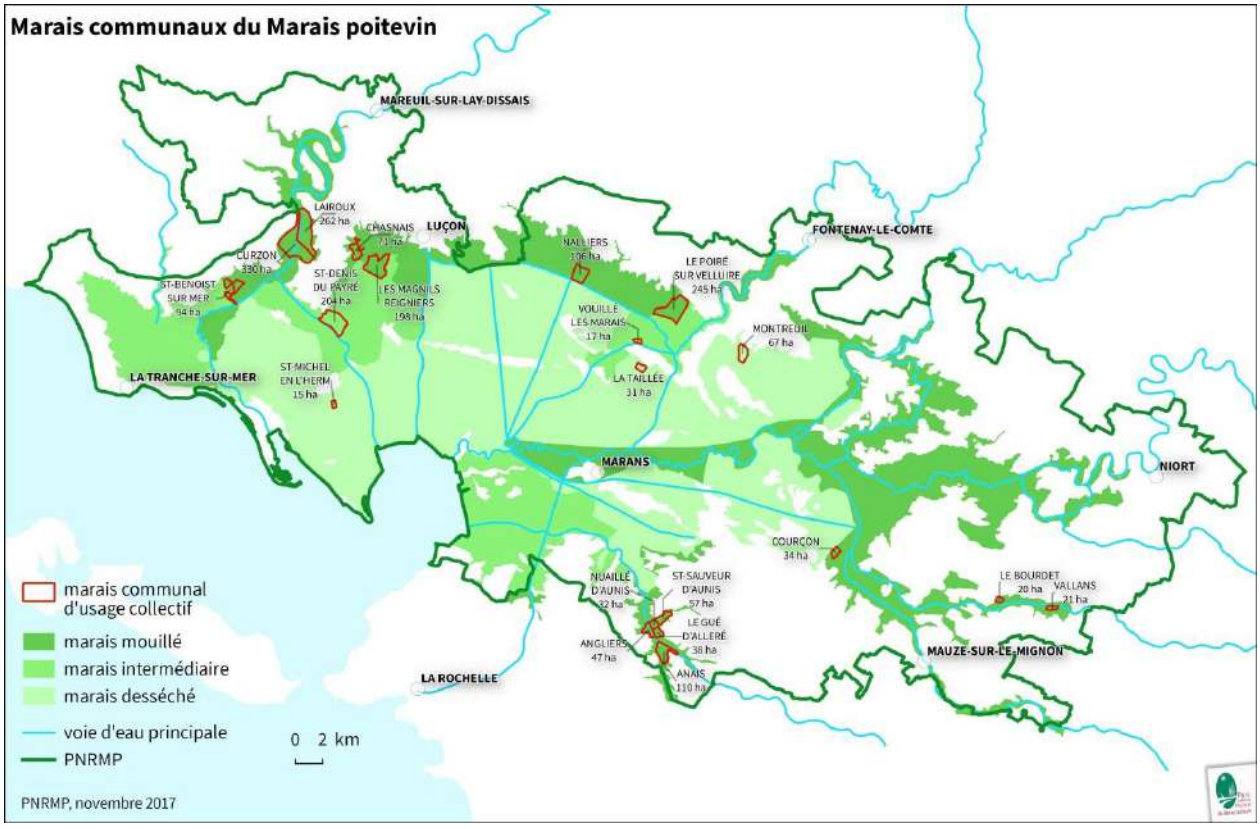


Figure 7: Localisation des vingt marais communaux utilisés en pâturage collectif existant dans le Marais poitevin. Source : Parc naturel régional du Marais Poitevin

du territoire est structuré et hiérarchisé autour du réseau hydraulique (fig.5). Le réseau est compartimenté mais présente tout de même des connexions persistantes soit par le biais d'ouvrages soit lors d'événements hydrauliques exceptionnels (fortes crues). Les espaces en eau constituent des voies d'échanges à l'intérieur du territoire ainsi qu'avec les espaces maritimes et les îles (Forum des Marais Atlantiques et Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire, 1999).

2.1.2. Les communaux de Lairoux et Curzon

Les communaux ou marais communaux sont des prairies inondables du marais mouillé. Ils sont propriétés des communes sur lesquelles ils sont situés et les éleveurs de la région ont la possibilité d'y déposer leurs animaux (bovins et équins) pour y effectuer du pâturage extensif une partie de l'année (environ huit mois maximum). Les animaux sont amenés au printemps lors de « l'ouverture du communal » (Fig.6) et rentrent dans les étables à l'automne (Westrich, 2016). Auparavant nombreux dans le Marais poitevin, où chaque commune en a possédé au moins un, il ne reste aujourd'hui plus qu'une vingtaine de communaux au sein du marais, ce qui correspond à environ 2 000 ha (Fig. 7). L'invasion de la jussie dans les prairies met en péril cette gestion, les zones recouvertes à plus de 30% ne sont plus éligibles aux mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), qui permet aux éleveurs de rembourser la taxe à l'herbe.

Propriétés des communes depuis plusieurs siècles, leur utilisation principale a toujours été le pâturage collectif. Les communaux de Lairoux et de Curzon font respectivement 262 ha et 330 ha. Situés le long du Lay, en Vendée dans la région Pays-de-la-Loire, ils sont inclus dans le site Natura 2000 du Marais poitevin et comprennent des habitats et des espèces d'intérêt communautaire remarquables à l'échelle du Marais poitevin et à l'échelle européenne (Etablissement Public du Marais poitevin, 2017). Ils sont notamment classés zone spéciale de conservation (ZSC) grâce aux prairies subhalophiles thermo-atlantiques (Westrich, 2016).

Les communes ont notamment mis en place, depuis les années 90 à l'aide des associations tel que la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) ou bien le Fonds mondial pour la nature (WWF) et du Parc naturel régional du Marais poitevin, une politique

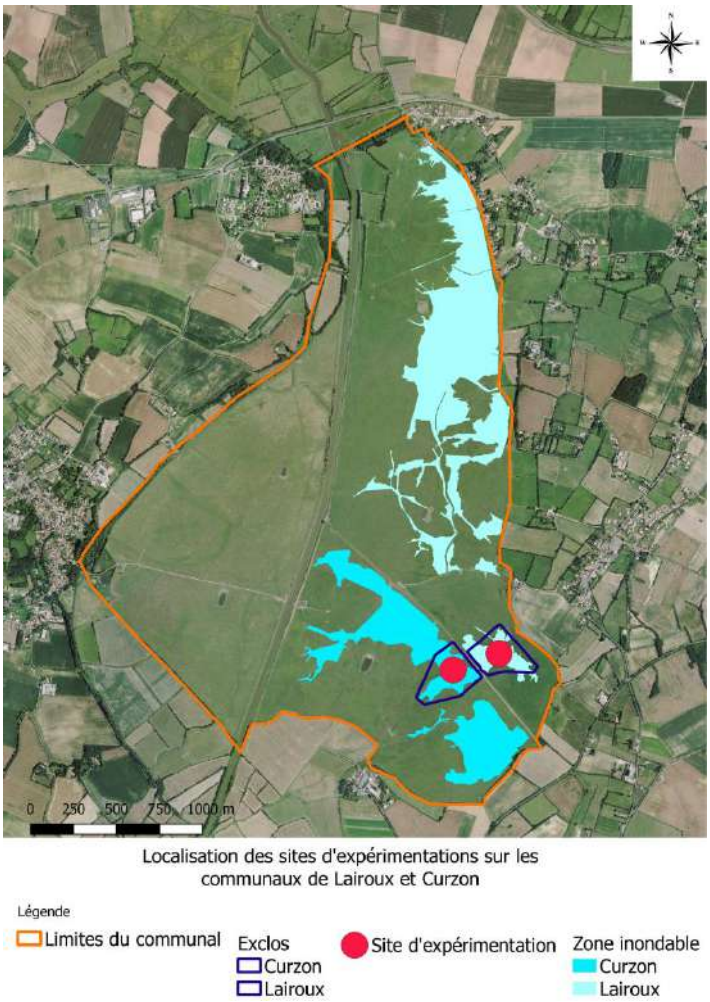


Figure 8: Carte de localisation des sites d'expérimentations de la jussie sur les communaux de Lairoux et Curzon

Renoncule à feuilles d'ophioglosse ©Jacques Haury

Gratiole officinale ©Gaëtan Douchin

Etoile d'eau ©Gaëtan Douchin

Inule d'Angleterre ©Jacques Haury

Figure 9 : Les quatre espèces protégées nationalement du site de Lairoux-Curzon

de valorisation agroenvironnementale de ces marais communaux au travers de conventions et d'actions d'accompagnement (Etablissement Public du Marais poitevin, 2017).

Dans le respect des cahiers des charges agro-environnementales, les espaces prairiaux des communaux, gérés de manières collectives, accueillent 629 animaux de 22 éleveurs représentant un pâturage de 1.84 UGB/ha pour Curzon en 2017, et 420 animaux de 23 éleveurs représentant un pâturage de 1.72 UGB/ha pour Lairoux en 2017.

La gestion de l'eau dans les communaux est dépendante des cours d'eau, le Lay et le petit Lay, ainsi que de la gestion des marais alentours. Les niveaux d'eau sont notamment relevés chaque semaine par l'écopasteure à l'aide d'échelles limnimétriques et par l'Etablissement Public du Marais poitevin à l'aide d'une sonde placée dans le fossé de ceinture.

Sur le site d'étude, les protocoles de suivi de gestion sont mis en place sur une zone au sud-est, située à cheval sur les communaux de Lairoux et Curzon et traversée par le Fossé Neuf (Fig.8).

2.1.3. La faune et la flore

Les prairies des communaux de Lairoux et Curzon présentent un taux de sel résiduel qui entraîne la présence d'une flore spécifique et d'intérêt communautaire. Elles sont aussi marquées par un microrelief datant des anciens chenaux de retrait de la mer, ce qui entraîne un gradient d'hygrophilie dans le milieu : des zones inondées l'hiver et au printemps, les baisses, et d'autres plus hautes, exondés le plus souvent, les belles. On remarque des différences dans la composition du sol et la composition floristique entre ces deux types de zone (Bouzillé, 1992; Tournade, 1993). Cette double spécificité à l'échelle locale confère à ces prairies une biodiversité très forte (Parc Interrégional du Marais poitevin, 2003).

On retrouve notamment sur le site des espèces végétales protégées au niveau national (Fig.9) :

- La Renoncule à feuilles d'ophioglosse (*Ranunculus ophioglossifolius*)
- La Gratiole officinale (*Gratiola officinalis*)
- L'Etoile d'eau (*Damasonium alisma*)
- L'Inule d'Angleterre (*Inula britannica*)

Les communaux sont aussi classés Zone de Protection Spéciale (ZPS) au titre de la Directive Européenne « Oiseaux ». De nombreux oiseaux sont présents sur le site, notamment des oiseaux d'eau grâce à la présence des baisses. En ce qui concerne les espèces nicheuses, on retrouve entre autre le Vanneau huppé, l'Alouette des champs, le Chevalier gambette, la Barge à queue noire, la Cigogne blanche, la Bergeronnette printanière, le Tarier pâtre, la Linotte mélodieuse, le Verdier d'Europe. Situé sur les voies de migration, le site accueille aussi de nombreuses espèces telles que le Combattant varié, la Bécassine des marais et le Bécasseau variable (Guéret, 2006).

En ce qui concerne les mammifères, on observe sur le site la Loutre d'Europe, la Genette, le Renard roux, la Belette, la Fouine, le Putois, le Campagnol amphibie, le Lièvre d'Europe, le Lapin de garenne, la Pipistrelle commune ainsi qu'une espèce de Murin (Guéret, 2006). Au moins dix-huit espèces de Charançons et de Chrysomèles ont été retrouvés sur le site, vingt-deux espèces d'Orthoptères et une espèce de Mantidé (Guéret, 2006). Pour ce qui est des amphibiens, le Triton palmé, le Pélodyte ponctué, le Crapaud commun, la Rainette verte, la Grenouille rieuse et la Grenouille verte sont présents sur le site (Guéret, 2006).

2.2. Matériel d'étude : la jussie

2.2.1. Historique et distribution

Il existe en France deux espèces de jussie invasives : la jussie rampante (*Ludwigia peploides subsp. montevidensis*) et la jussie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora subsp. hexapetala*). Une troisième est présente sur le territoire français mais il s'agit d'une espèce indigène non-invasives : la jussie des marais (*Ludwigia palustris*). Les deux espèces invasives, originaire d'Amérique du Sud, ont été introduites au début du XIXème siècle en France dans les jardins botaniques et les bassins d'ornement (Dandelot, 2004).

Les deux espèces ont ensuite colonisé les réseaux hydrographiques du sud de la France et ont gagné peu à peu l'ensemble du territoire notamment la façade atlantique. Leur colonisation des prairies semble récente, mais on manque d'information, les gestionnaires et les agriculteurs ne prêtant pas attention aux espèces avant que la colonisation soit avérée et ne devienne ingérable (Haury & Matrat, 2015).

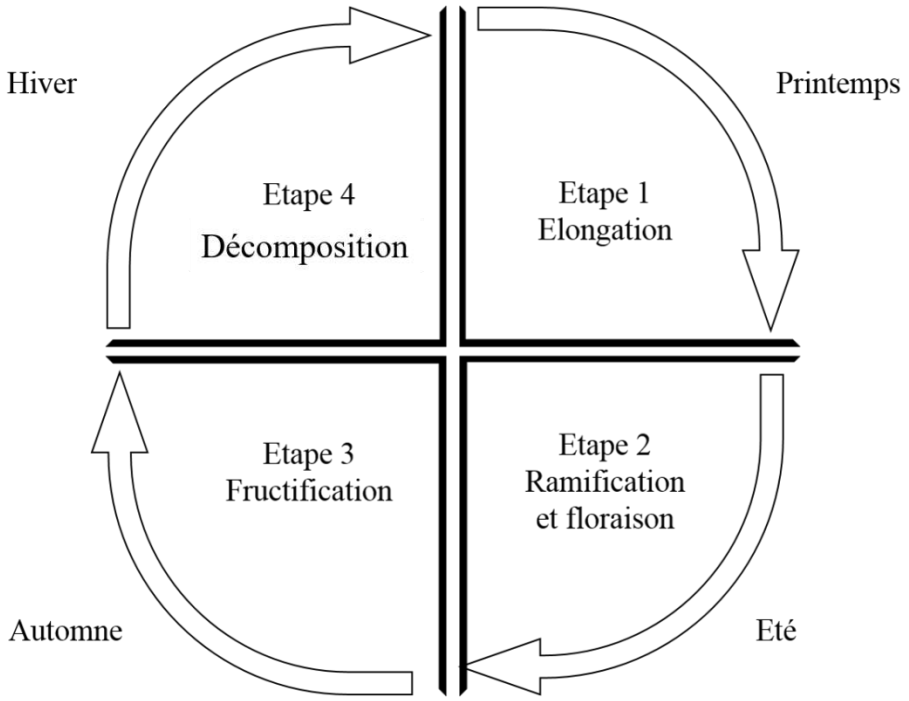


Figure 10: Schématisation du cycle de vie de L. grandiflora. D'après Thouvenot et al., 2013

Sur le site des communaux de Lairoux et Curzon, on ne retrouve que la jussie à grandes fleurs, *Ludwigia grandiflora subsp. hexapetala*, qui est arrivée sous sa forme terrestre sur le site en 2011 et qui a envahi la zone des baisses depuis. Le reste de ce rapport se concentrera donc sur cette espèce.

2.2.2. Biologie et écologie

La jussie à grandes fleurs se développe au printemps, de manière dépendante de la température, à partir des rhizomes ou des tiges anciennes. Elle produit alors des tiges flexibles submergées à feuilles alternes arrondies. Les tiges s'allongent pour atteindre la surface de l'eau où les feuilles forment alors des rosettes flottantes. Arrivée à ce stade, la Jussie a des tiges traçantes qui se forment et colonisent rapidement de grandes surfaces. A la fin du printemps, des tiges dressées poilues à feuilles plus ou moins allongées s'érigent aux nœuds des tiges traçantes et forment des massifs denses. La floraison intervient de juin à octobre et la fructification s'étale de juillet aux premières gelées automnales. Généralement, seules les parties exposées à l'air gèlent en hiver et les organes conservés dans le sol, le sédiment ou l'eau persistent pendant la période froide et permettent le démarrage de nouvelles tiges au printemps (Fig.10) (Haury & Damien, 2014).

La production de nouveaux plants, mais aussi la colonisation de nouveaux milieux se réalisent de deux manières : la principale est la multiplication végétative, la seconde est la reproduction sexuée.

Les boutures sont formées par fragmentation des individus de diverses manières : le courant, le vent, les animaux, la navigation ou les opérations de gestion des milieux réalisées sans assez de précautions. La dispersion se fait ensuite par l'eau (hydrochorie) et est particulièrement efficace lors des crues de printemps (Haury & Damien, 2014). Il suffit d'une feuille pour former une bouture de jussie (Hussner, 2009, Louis Portillo comm. pers.).

La reproduction sexuée forme des fruits en forme de capsules cylindriques portées par un pédicelle. Ces capsules sont elles aussi dispersées par hydrochories et les graines peuvent ensuite germer en grand nombre au printemps. Cependant, ce mode de dispersion n'intervient pas partout et semble rester restreint et occasionnel (Haury & Damien, 2014). Ce moyen de reproduction n'a pas encore été observé de manière fiable dans les communaux de Lairoux et Curzon.

Figure 11: Foyers de jussie sur Lairoux (en haut) et sur Curzon (en bas). La jussie est facilement reconnaissable à ses fleurs jaunes. Source : © Gaëtan Douchin

La jussie à grandes fleurs est capable de coloniser tous les milieux où il y a de l'eau à un moment du cycle hydrologique annuel. Un grand nombre d'habitats peut donc en être l'hôte : plans d'eau, cours d'eau lents, marais doux ou saumâtres, annexes hydrauliques, grèves, prairies inondables… Certains facteurs écologiques peuvent cependant impacter la production : assèchement estival, trop grande profondeur, agitation mécanique, ombrage. Ces facteurs permettent d'orienter les pratiques de gestion, notamment pour prévenir de l'installation de la jussie sur certains sites (Haury & Damien, 2014).

La jussie à grandes fleurs est une espèce aquatique mais elle supporte aussi l'émersion. Le passage de la forme aquatique à la forme terrestre se fait soit sur les rives des masses d'eau colonisées soit sur des zones humides temporairement inondables comme les prairies, ce qui favorise la dispersion des boutures. La dispersion intervient sur les prairies durant la période d'inondation au printemps et à l'automne. Par ailleurs, les animaux tels que le ragondin, les oiseaux, ou encore le bétail peuvent être des agents de dispersion (Haury & Damien, 2014).

Les particularités de la forme terrestre sont une réduction de la longueur des entre-nœuds, une réduction de la taille des feuilles, un port plus ramassé et rampant. L'appareil souterrain est plus développé que sur la forme aquatique (Haury *et al.*, 2014).

2.2.3. Conséquences de l'invasion

La jussie à grandes fleurs présente plusieurs conséquences sur les écosystèmes qu'elle envahit (Fig.11). La première est la réduction de la biodiversité de par sa forte compétitivité : une grande tolérance aux variations des conditions hydrologiques et climatiques, une capacité accrue d'adaptation à divers types d'écosystèmes aquatiques, ainsi qu'une dynamique de colonisation. Elle a une forte production de biomasses : en moyenne 2 $Kg.m^{-2}$ de matière sèche en été (Dandelot, 2004; Lambert *et al.*, 2010). Cette accumulation de matière entraîne une accélération des processus de sédimentation pouvant être préoccupante dans les milieux aquatiques peu profonds où il est possible d'arriver à un comblement de l'habitat (Dutartre *et al.*, 2007). Le développement des herbiers de jussie provoque généralement une diminution du pH et un passage en conditions hypoxiques voire anoxiques pendant le jour en été. Le milieu est alors hostile à la vie aquatique aérobie (Dutartre *et al.*, 2007). De même, la

		2014		2015		2016		2017		2018	
		Modalité	Nb placettes	Modalité	Nb placettes	Modalité	Nb placettes	Modalité	Nb placettes	Modalité	Nb placettes
Curzon	Carrés 7, 9, 11	Pâturage hygrophile	3 carrés	Pâturage hygrophile	2 carrés (9 et 11)	Pâturage hygrophile	2 carrés	Abandon			
	Carrés 1, 3, 5	Témoins non pâturés	3 carrés	Témoins non pâturés	2 carrés (1 et 3)	Suivi	2 carrés	Abandon suite à destruction			
	PS1, PS3, PS5					Pâturage puis sel 500g/m² puis pâturage	6 carrés	Pâturage puis sel 500g/m² puis pâturage	3 carrés	Suivi	3 carrés
	PS2, PS4,PS6							Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés
	Sel 1, 2, 3	Sel 250g/m²	3 carrés	Pâturage	3 carrés	Pâturage	3 carrés	Pâturage	3 carrés		3 carrés
	C1, C3			Pâturage puis sel 125g/m²	2 carrés	Destruction - suivi	2 carrés	Suivi	2 carrés		2 carrés
	C2, C4			Pâturage puis sel 500g/m²	2 carrés	Destruction - suivi	2 carrés	Suivi	2 carrés		2 carrés
	C5, C7			Sel 125g/m² puis pâturage	2 carrés	Destruction - suivi	2 carrés	Suivi	2 carrés		2 carrés
	C6, C8			Sel 500g/m² puis pâturage	2 carrés	Destruction - suivi	2 carrés	Suivi	2 carrés		2 carrés
	Décapage + enfouissement					Décapage + enfouissement (nouvelle méthode)	25m² + 36m²	Suivi	25m²+36m²	Suivi	25m²+36m²
	TNP1, TNP2, TNP3							Témoins non pâturé	3 carrés	Suivi	3 carrés
	TP1, TP2, TP3							Pâturage hygrophile	3 carrés	Suivi	3 carrés
	PF1, PF2, PF3							Pâturage à fort chargement	3 carrés	Suivi	3 carrés
Lairoux	A2, A3, A10	Déchaumage	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A1, A4, A17	Décapage	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A19, A20, A21	Enfouissement	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A6, A7, A12	Arrachage manuel	3 carrés	Arrachage manuel	3 carrés	Arrachage manuel	3 carrés	Arachage manuel	3 carrés		3 carrés
	A5, A11, A16	Sel 125g/m²	3 carrés	Sel 125g/m²	3 carrés	Suivi		Suivi	3 carrés		3 carrés
	A13, A14, A18	Sel 250g/m²	3 carrés	Sel 250g/m²	3 carrés	Sel 250g/m²	3 carrés	Sel 250g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés
	A22, A23, A24					Sel 250g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A25, A26, A27					Sel 500g/m²	3 carrés	Sel 500g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés
	A28, A29, A30					Sel 1000g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés	Suivi	3 carrés
	A40, A41, A42							Sel 1000g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés
	A31, A32, A33					Sel 250g/m² effet dilution	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A34, A35, A36					Sel 250g/m² + Gratiole officinale	3 carrés	Suivi	3 carrés		3 carrés
	A8, A9	Témoins non salés mais humidifié	3 carrés	Témoins non salés mais humidifié	2 carrés	Suivi	2 carrés	Suivi	2 carrés		2 carrés
	A37, A38, A39					Témoins globaux	3 carrés	Témoins globaux	3 carrés	Suivi	3 carrés
	Bandes V, XIII (F3)	Fauche	6 carrés	Fauche	6 carrés	Fauche	3 carrés (nouveaux)	Fauche	3 carrés	Suivi	3 carrés
	Bandes VI, XII (F1, F2)		6 carrés		6 carrés						
	Bandes VIII, X (Témoin 1, Témoin 2, Témoin 3)	Témoins fauche	6 carrés	Témoins	6 carrés	Témoins fauche	3 carrés (nouveaux)	Témoins fauche	3 carrés	Suivi	3 carrés
	Bandes XV, II			Fauche puis sel 125g/m²	6 carrés	Non retrouvés		Non retrouvés		Non retrouvés	
	Bandes III, XVI (F+S1, F+S2, F+S3)			Fauche puis sel 250g/m²	6 carrés	Fauche puis sel 250g/m²	3 carrés (nouveaux)	Fauche puis sel 250g/m²	3 carrés	Suivi	3 carrés

Tableau I : Liste des différents essais de traitements mise en place sur les communaux de Lairoux et Curzon

prolifération de jussie provoque une banalisation floristique des hydrosystèmes et une forte réduction de la diversité floristique et faunistique (Dandelot, 2004). En plus des phénomènes de compétition, la jussie présente une activité allélopathique vis-à-vis de la germination et du développement des autres plantes. Ces conditions entraînent la disparition de la plupart des autres plantes ainsi que la fuite de la faune aquatique (Dandelot, 2004). L'avifaune est aussi impactée, par diminution de la zone de nourrissage et les poissons voient leurs zones de frayères diminuées.

D'un point de vue économique, la réduction de la biodiversité s'applique également aux graminées fourragères dans les prairies inondables, diminuant leur intérêt agronomique.

2.3. Contexte expérimental

L'année 2018 correspond à la mise en place du plan de gestion de la jussie sur les Communaux de Lairoux et Curzon (Philippe *et al.*, 2017). Les expérimentations de gestion des formes terrestres de jussie sur les communaux de Lairoux et Curzon, de 2014 à 2017, ont permis la mise en place de ce plan de gestion.

L'année 2018 a ainsi consisté :

- rependre les protocoles 2014-2017 pour continuer à suivre et mesurer les résultats

- continuer à suivre la progression de la jussie sur les commnunaux

- mettre en place deux méthodes de gestion de la jussie : ramassage manuel et pose d'un exclos autour des principaux foyers de jussie

- la révision du plan de gestion de la jussie sur les communaux de Lairoux et Curzon

Chaque année, un stagiaire a été recruté pour mener à bien des expérimentations : Anaïs Pierre en 2014, Charline Garreau-Dupin en 2015, Romane Westrich en 2016 et Clélie Philippe en 2017. Plusieurs expérimentations ont été conduites en faisant variées plusieurs facteurs : l'application de sel, le pâturage, la fauche, l'arrachage mécanique et l'arrachage manuel. Les actions menées sont listées dans le tableau 1 et localisées sur la figure 12.

Les protocoles des années précédentes ont été validés lors de comités de pilotage. Certains protocoles ont nécessité la mise en place de dossiers réglementaires pour deux

Figure 12: Carte de l'ensemble des placettes expérimentales du protocole 2014-2018 sur Lairoux et Curzon

raisons. Premièrement, le site se situe dans une zone Natura 2000, une étude d'incidence Natura 2000, à destination de la Direction Départementale des Territoires Maritimes de Vendée (DDTM85), est nécessaire pour les protocoles qui sortent de l'exploitation ordinaire des prairies. Deuxièmement, on retrouve sur le site certaines espèces protégées qui sont interdites de cueillette ou de dégradation. Il a donc fallu faire une demande de dérogation pour la destruction d'espèces protégées auprès de la DDTM85 et du CNPN pour l'arrachage manuel et l'application de saumure.

2.4. Protocoles en 2018

2.4.1. Campagnes de cartographie de la Jussie et de son habitat

Les stagiaires des années précédentes, Anaïs Pierre (2014), Charlène Garreau-Dupin (2015), Romane Westich (2016) et Clélie Philippe (2017), ont montré grâce à leurs expérimentations que *Ludwigia grandiflora subsp. hexapetala* ne se développe que dans les parties hygrophiles des communaux, les baisses. Les zones envahies par la Jussie et les baisses en eau sont donc cartographiées sur la partie est des communaux de Lairoux et Curzon afin de déterminer les zones d'habitat effectif et potentiel de la Jussie. La cartographie de ces zones se fait à l'aide d'un GPS de la marque Ashtech en faisant le tour des surfaces concernées lors de deux relevés, un en avril et un en juillet.

Pour les baisses, le contour des zones est fait en essayant d'avoir un pied au sec et un pied dans l'eau. Une campagne de cartographie a eu lieu, fin avril. Une autre méthode a été essayée pour juillet et avril, avec l'utilisation des photos satellites du programme Sentinel 2, en utilisant les images prises à différentes longueurs d'onde et en les traitants grâce à une extension de QGis.

Pour les zones de Jussie, chaque pied isolé est marqué d'un point GPS et les zones entièrement colonisées supérieures à 9 m² sont délimitées par une surface. Deux campagnes de cartographie ont eu lieu, une en mai et une en juillet.

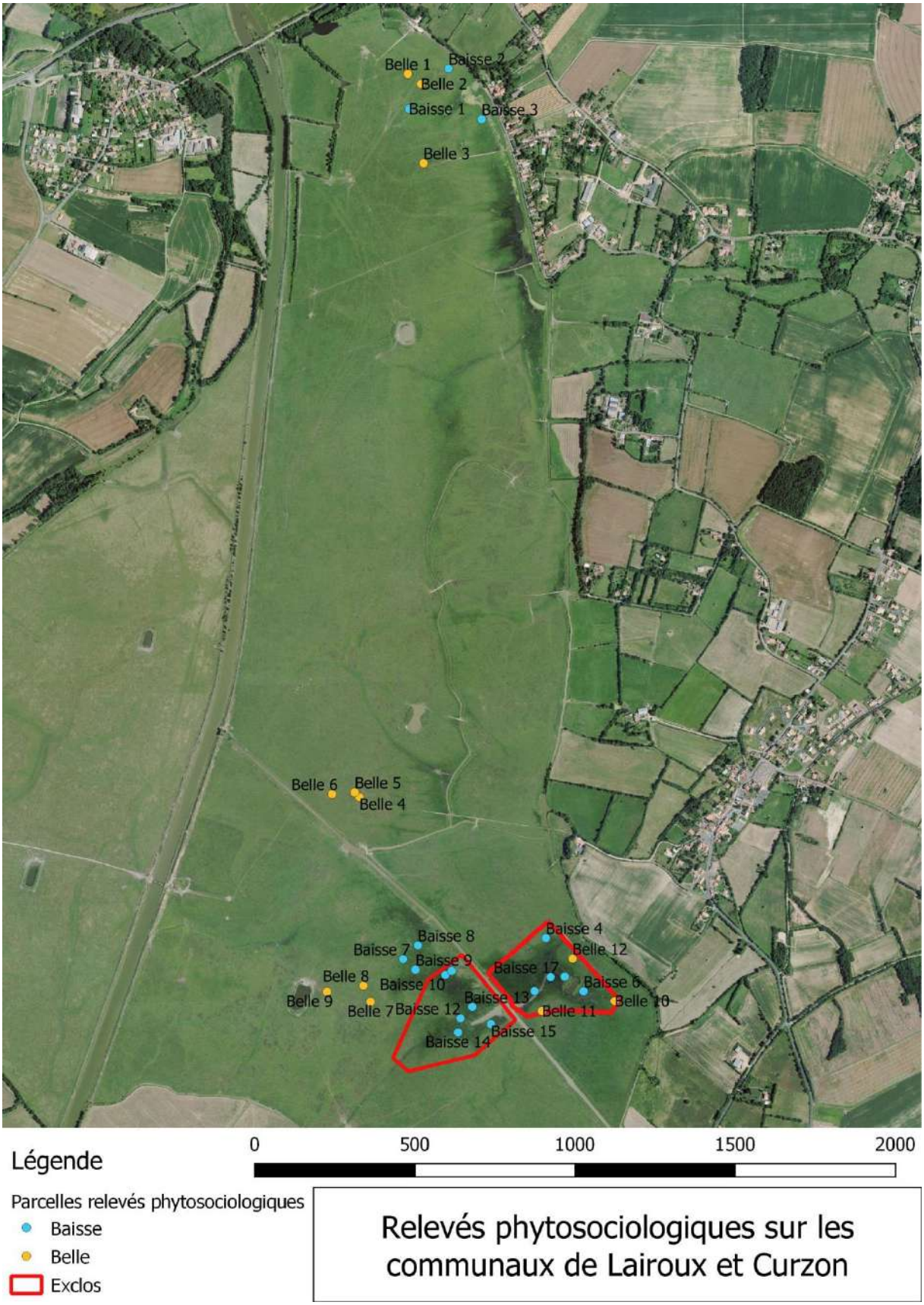


Figure 13: Localisation des placettes de 25m² des relevés phytosociologiques sur les communaux de Lairoux et Curzon

Les paramètres suivants sont pris en compte lors des relevés :

2.4.2. Relevés de végétation

a) Relevés des placettes expérimentales

Des relevés de végétation de 4m² ont été effectués sur les placettes des protocoles expérimentaux des années précédentes.

- Pourcentage du quadrat en eau et hauteur de l'eau
- Pourcentage de sol nu
- Liste des espèces présentes
- Coefficient d'abondance-dominance pour chaque espèce (méthode de Braun-Blanquet)
- Pourcentage de recouvrement pour chaque espèce
- Hauteur maximale pour chaque espèce

Si de la Jussie est présente sur les placettes, les paramètres suivants sont relevés en plus:

- Pourcentage de Jussie dressé
- Pourcentage de Jussie rampante
- Stade de la Jussie, dont pourcentage de floraison

Les dates des relevés sont synchronisées au possible avec celles des années précédentes.

b) Relevés phytosociologiques

En 2018, un nouveau protocole a été mis en place sur les belles et les baisses grâce à 29 placettes (Fig.13) d'une surface de 25 m² sur lesquelles sont mesurés les paramètres précédents. Ces relevés (annexe 2) servent à observer les différences floristiques sur les différentes zones (comparaison : belles/baisses et baisses avec Jussie/baisses sans Jussie).

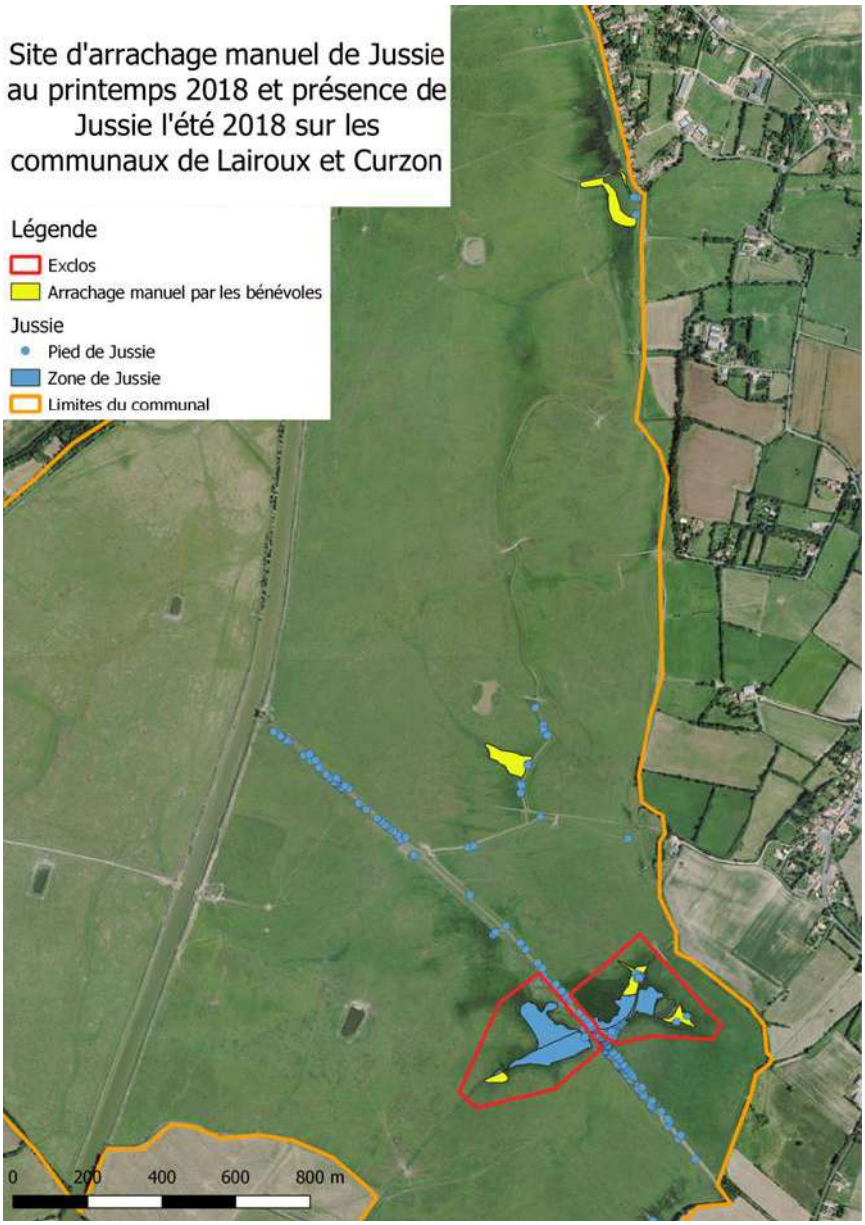


Figure 14: Localisation des zones ayant subis un arrachage manuel par les bénévoles de Lairoux et Curzon en 2018

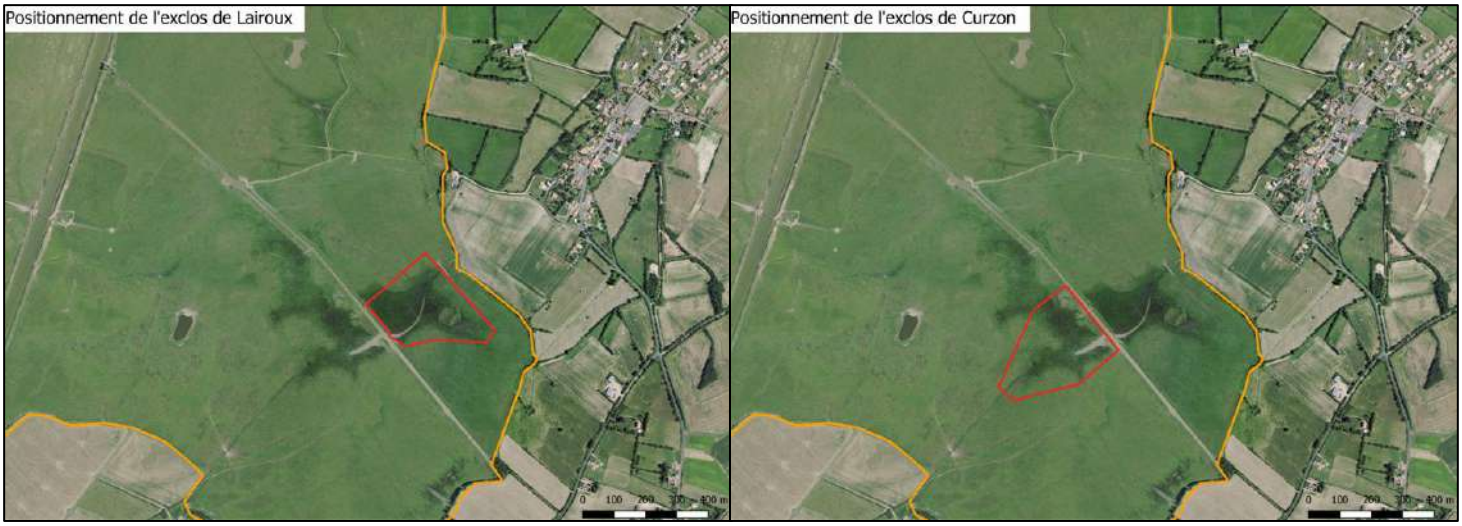


Figure 15: Position des exclos de Lairoux et Curzon mis en place au printemps 2018

2.5. Statistiques

Pour effectuer les tests statistiques sur les données provenant des différentes expérimentations, le logiciel R 3.3.0 est utilisé avec le module « agricolae ». Les principaux paramètres étudiés sont le pourcentage de recouvrement de Jussie, permettant d'évaluer son expansion sur les placettes, et la hauteur maximale de Jussie qui donne une indication sur son cycle de développement.

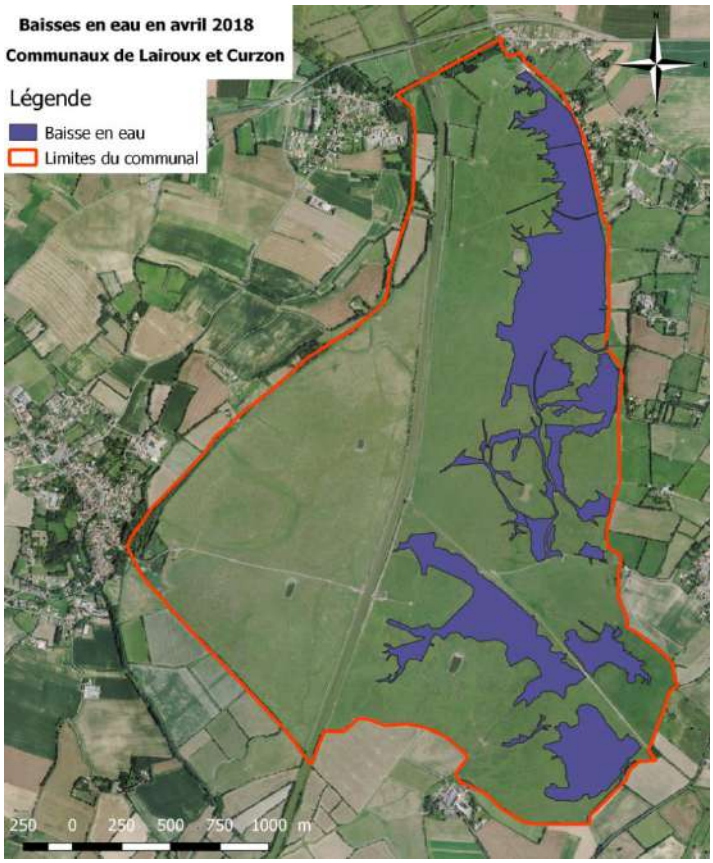
On fait un test de Shapiro afin de tester la normalité des données. En fonction du résultat, on essaye soit de faire un test ANOVA (données suivant une distribution normale, pvalue du Shapiro test > 0.05) même si le nombre de réplicats est faible, soit on effectue des tests de Kruskal-Wallis (données ne suivant pas une distribution normale, pvalue du Shapiro test < 0.05). Pour l'ANOVA, on regarde tout d'abord s'il y a interaction entre les deux facteurs. S'il n'y a pas d'interaction, on peut tester les deux facteurs séparément, on effectue un test ANOVA pour voir s'il y a une différence significative pour les dates puis pour le type de gestion. S'il y a interaction, on effectue alors un test de Kruskal-Wallis sur les données concernées pour les différentes modalités (date x type de gestion). L'ensemble des p-values des différents tests sont disponibles dans l'annexe 1.

Pour ce qui est des relevés phytosociologiques, les données sont analysées grâce à une Analyse en Composantes Principales (ACP), afin de mettre en avant différents groupements de végétation.

2.6. Mise en place du plan de gestion

Le plan de gestion de la Jussie sur les communaux de Lairoux et Curzon, rédigé par Clélie Philippe, Odile Cardot et Jacques Haury et approuvé au Comité de pilotage de décembre 2017, a été mis en place à partir du printemps 2018 par le PNR et les communes. Le plan de gestion a impliqué deux actions majeures retenues en 2018 :

- Les actions de ramassage manuel (Fig.14) : trois sur Lairoux organisés par l'association Les Rouches, la mairie et le PNR, mobilisant une douzaine de volontaire à chaque fois, et un pour Curzon organisés par la Société de Chasse de Curzon, la mairie et le PNR, mobilisant quatre bénévoles.
- La pose de deux exclos sur les plus gros foyers de jussie (Fig.15), ces exclos ayant pour objectif de limiter la propagation des boutures de jussie au printemps lorsque les foyers sont encore en eau, et le développement la flore



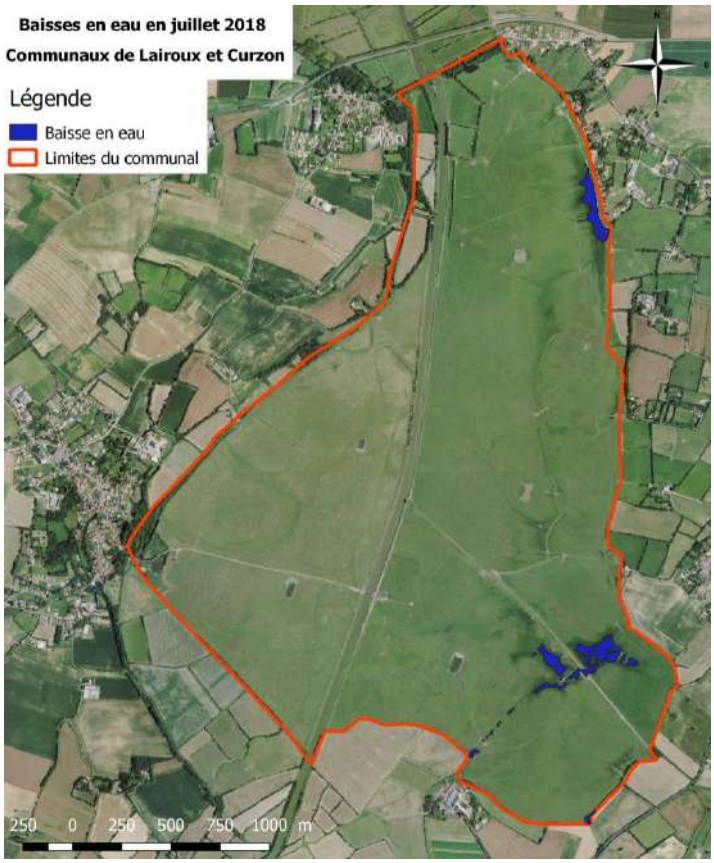
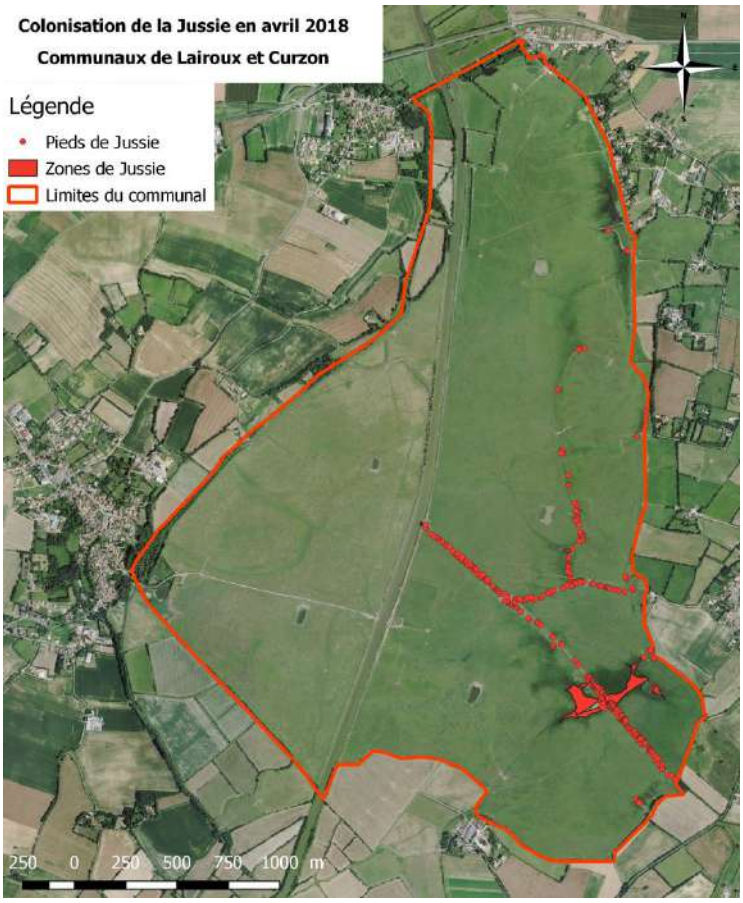


Figure 16: Cartographie des baisses en eau sur les communaux de Curzon et Lairoux en avril et en juillet 2018



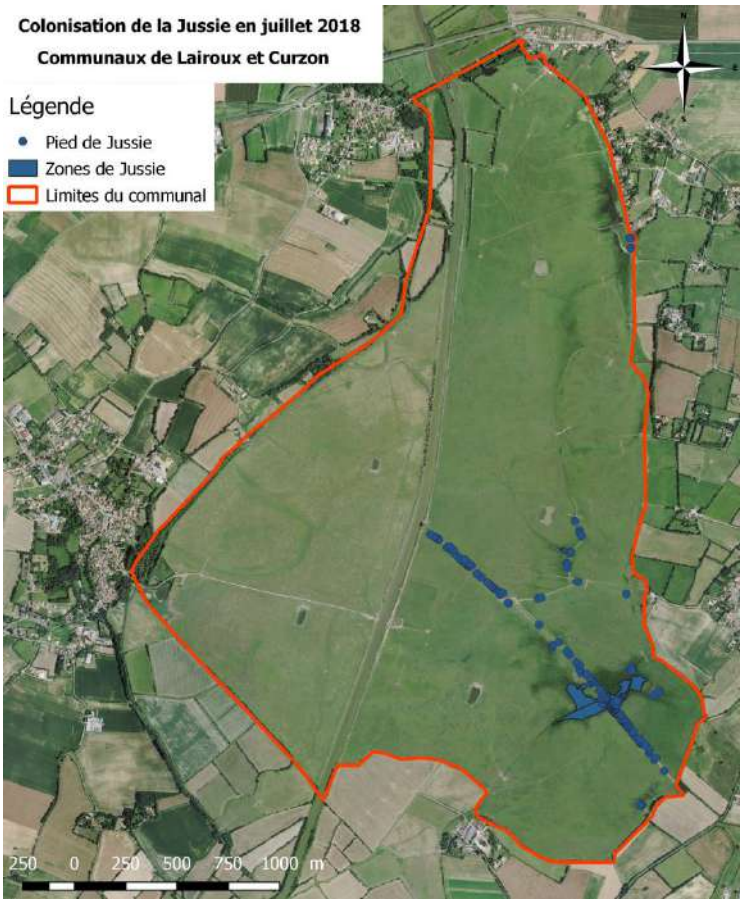


Figure 17: Cartographie de la répartition de la Jussie sur les communaux de Curzon et Lairoux en avril et en juillet 2018

locale afin qu'elle concurrence la jussie et assure ainsi son cycle de reproduction qui s'inscrit pour la majorité des espèces vers mai-juin, alors que la jussie entame son cycle de reproduction en juillet, période à laquelle l'ouverture des exclos est proposé pour éviter sa reproduction sexuée et alors même que l'eau dans la baisse est totalement ressuyer.

Afin de suivre l'évolution des moyens de gestion, il a été décidé d'utiliser deux protocoles qui avaient déjà été mis en place : la cartographie de la jussie pour connaître l'évolution de la colonisation sur le communal et pour estimer l'impact de l'arrachage manuel, et le maintien des placettes des relevés phytosociologiques présentes sur les baisses à l'intérieur des exclos afin de suivre l'impact du pâturage à fort chargement sur la jussie, la dynamique de la jussie dans les principaux foyers dans les années à venir et son impact sur la flore locale.

3. Résultats

3.1. Cartographie des baisses en eau et de la Jussie

La cartographie des baisses en eau (Fig.16) a mis en évidence un niveau haut pour la période d'avril par rapport aux années précédentes, dû principalement à de fortes précipitations au printemps. Cela a mis à jour les zones potentiellement colonisables par la Jussie, ces surfaces étant plus importantes que celles cartographiées les années précédentes (gain de surface de 50ha). Une baisse a notamment été cartographié pour la première fois : située dans le centre-est du communal de Lairoux, elle n'avait pas été cartographiée les années précédentes.

Les niveaux d'eau sont restés élevés plus longtemps que les années précédentes (annexe 4). Cela est en partie dû à l'action de l'éclusier qui a souhaité garder les niveaux d'eau hauts afin de faciliter l'arrachage manuel de la jussie. Les niveaux sont ensuite descendus rapidement à partir de fin-juin, du fait de l'ouverture de l'écluse et des fortes chaleurs qui ont suivi.

Ainsi, début juillet, seules les zones les plus basses des baisses étaient encore en eau. Ces zones correspondent principalement aux foyers de Jussie terrestre. A partir de mi-juillet, toutes les baisses étaient à sec, ne laissant de l'eau que dans les fossés principaux et secondaires.

Tableau II: Evolution des surfaces en eau et colonisées par la Jussie d'après les cartographies de 2014 à 2018

Année	Surface en hectare		
	en eau en avril	en eau en juillet	colonisée par la Jussie en juillet
2014	23		1,18
2015	20		1,82
2016	62	18	2,33
2017	54	2,3	2,8
2018	105	5,2	2,8

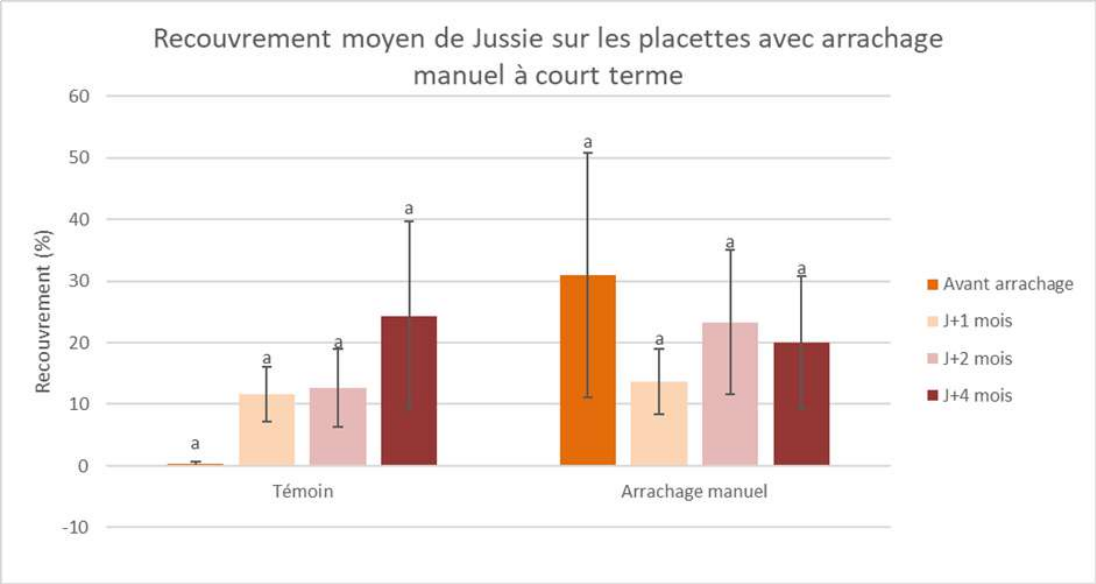


Figure 18: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage manuel à court terme

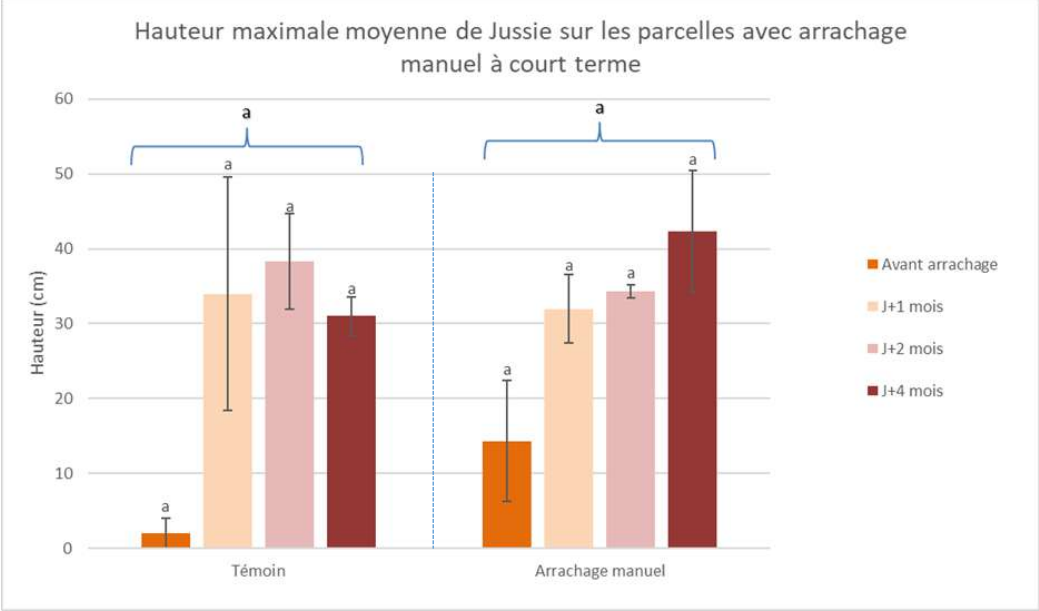


Figure 19: Hauteur maximale moyenne de Jussie sur les parcelles avec arrachage manuel à court terme

La cartographie à l'aide de Sentinel 2 a été satisfaisante pour juillet, les zones en eau et les zones à sec différaient grandement sur la carte obtenue. Par contre, en avril, l'humidité générale du communal ne permettait pas une distinction nette entre les deux zones, les zones à sec apparaissant dans les mêmes teintes de couleur que les zones en eau.

La cartographie de la répartition de la Jussie en avril (Fig.17) révèle sa présence dans les fossés principaux et trois baisses : les deux baisses colonisées depuis 2011 sur Lairoux et Curzon, de part et d'autre du Fossé Neuf, et une autre baisse de Lairoux, située au nord-ouest de la première, colonisée depuis 2017.

La cartographie de la Jussie en juillet (Fig.17) met en avant l'efficacité de l'arrachage manuel un mois après intervention. La Jussie se développe au cours du printemps, les foyers couvrant un peu plus de surface. Cependant, l'arrachage manuel réalisé par les bénévoles permet de limiter ce gain de surface, passant d'une zone à forte densité de jussie à une zone présentant des pieds épars. De même, l'arrachage manuel dans les fossés, a permis de limiter le développement de la Jussie dans le réseau hydraulique, et ainsi, la propagation à d'autres baisses.

La comparaison des cartographies de jussie avec celles des années précédentes a permis la mise en évidence d'une augmentation de la surface colonisée par la jussie entre 2014 et 2018 (+1.6 ha colonisé. Tab.II et annexe 3) et un effet de l'arrachage manuel sur la densité de jussie, notamment sur la partie est du foyer principal de jussie de Lairoux.

3.2. Relevés de végétation sur les parcelles expérimentales

3.2.1. L'arrachage manuel

A court terme, sur les placettes subissant un arrachage manuel, on ne remarque pas d'effet significatif de la gestion, que ce soit sur le paramètre recouvrement (KW, pvalue=0.293, Fig.18) ou la hauteur maximale de jussie (ANOVA, pvalue=0.585, Fig.19). Cependant, le recouvrement moyen de jussie montre une tendance à la baisse au bout de quatre mois (diminution du recouvrement de 12%), contrairement aux parcelles témoins, sur lesquelles ce recouvrement montre plutôt une tendance à la hausse (augmentation du recouvrement de 11%). Ce résultat est compréhensible au vus du traitement apporté. De

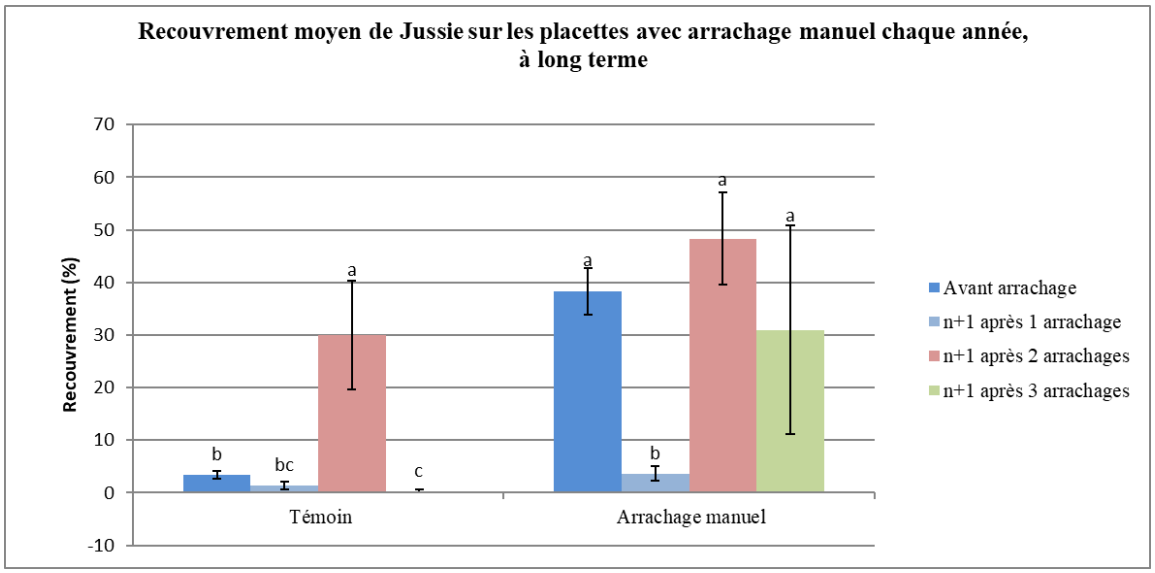


Figure 20: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage manuel à long terme

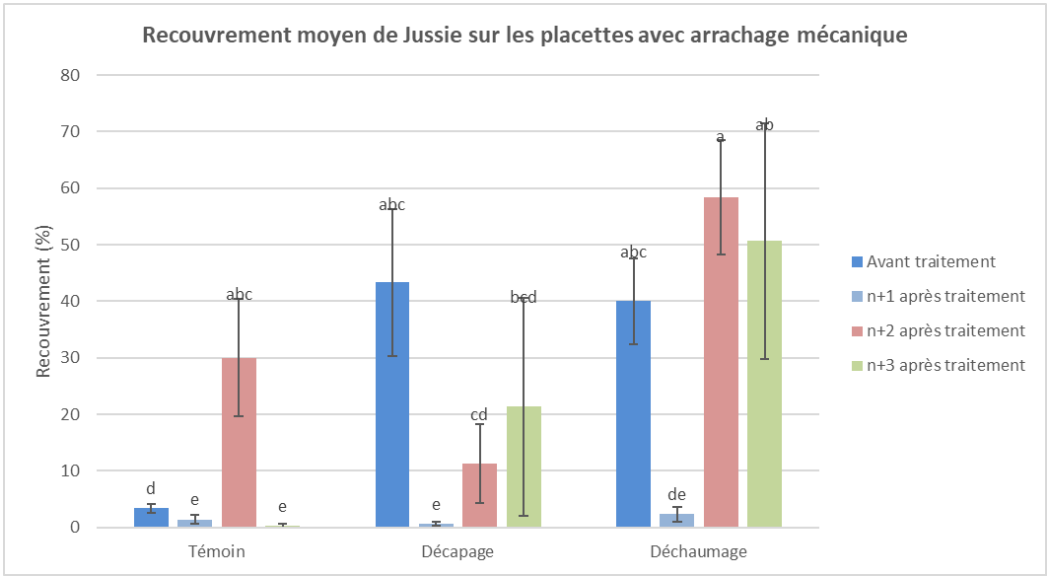


Figure 21: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage mécanique

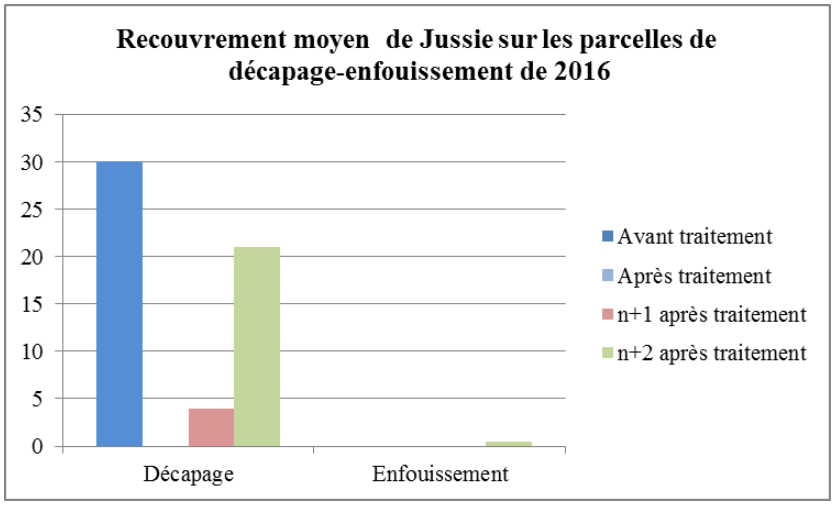


Figure 22: Recouvrement moyen de Jussie sur les parcelles ayant subi un décapage ou un enfouissement en 2016

même, la hauteur maximale des pieds restant sur la parcelle n'est pas affectée par l'arrachage manuel (hauteur maximale finale de 40cm).

L'évaluation de l'efficacité à long terme (n+1 an) de la gestion par arrachage manuel montre (Fig.20), pour le témoin, une faible diminution après un an de gestion, une augmentation importante après deux ans de gestion. La troisième année de suivi (2017) est donc particulière, avec nettement un plus fort développement de la Jussie (30% pour moins de 5% les autres années). Les parcelles subissant un arrachage suivent globalement la même dynamique mais les valeurs moyennes sont plus élevées (entre 30 et 50%) et non significativement différentes, mis à part pour l'évaluation à long terme du premier arrachage pour laquelle l'abondance de Jussie est significativement diminuée (<5%). L'arrachage manuel présente donc bien un impact significatif, par réduction de l'abondance, à long terme (+ 1 an), pour le premier arrachage manuel. Ceci n'est plus le cas pour le second arrachage manuel annuel successif (bien que probablement en lien avec la variabilité interannuelle particulièrement favorable au développement de la jussie mise en évidence sur le site témoin), ni pour le troisième. Il semblerait donc que le cumul de la gestion par arrachage manuel (unique par année) soit défavorable à l'efficacité de cette dernière au bout de 3 répétitions.

3.2.2. L'arrachage mécanique

Les recouvrements de la Jussie selon les traitements du sol de manière mécanique (décapage ou déchaumage) sont significativement différents à plus ou moins long terme après gestion (KW, pvalue=$7{,}07.10^{-4}$, Fig.21). Un an après la gestion, une diminution importante du recouvrement moyen de Jussie est observé pour les placettes ayant subi un décapage (division du recouvrement par 42) ou un déchaumage (division du recouvrement par 38) pour ne se développer qu'à moins de 3%. Cependant, cet effet ne dure pas, les placettes ayant subi un déchaumage retrouvent un recouvrement important dès la deuxième année après le traitement (augmentation du recouvrement de 56%, en lien avec une augmentation similaire du témoin), et les placettes ayant subi un décapage montrent une hausse progressive du recouvrement de Jussie à partir de la deuxième année après traitement (recouvrement de 10.5% puis de 10%). Au final, pour la troisième année, l'efficacité de la gestion est perdue pour les deux types de traitements. Il est à noter que la reprise montre une tendance à être plus importante pour la modalité déchaumage que pour le décapage.

Pour la seconde technique de décapage qui a été testée, avec enfouissement (Fig.22), un seul relevé a été fait chaque année sur la surface traitée, empêchant l'analyse statistique

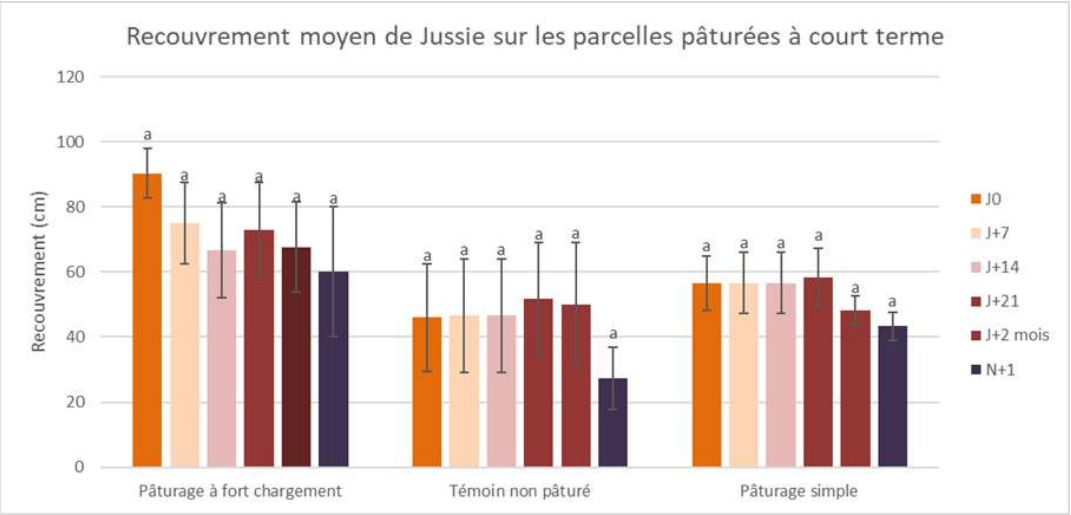


Figure 23: Recouvrement moyen de Jussie sur les parcelles pâturées à court terme

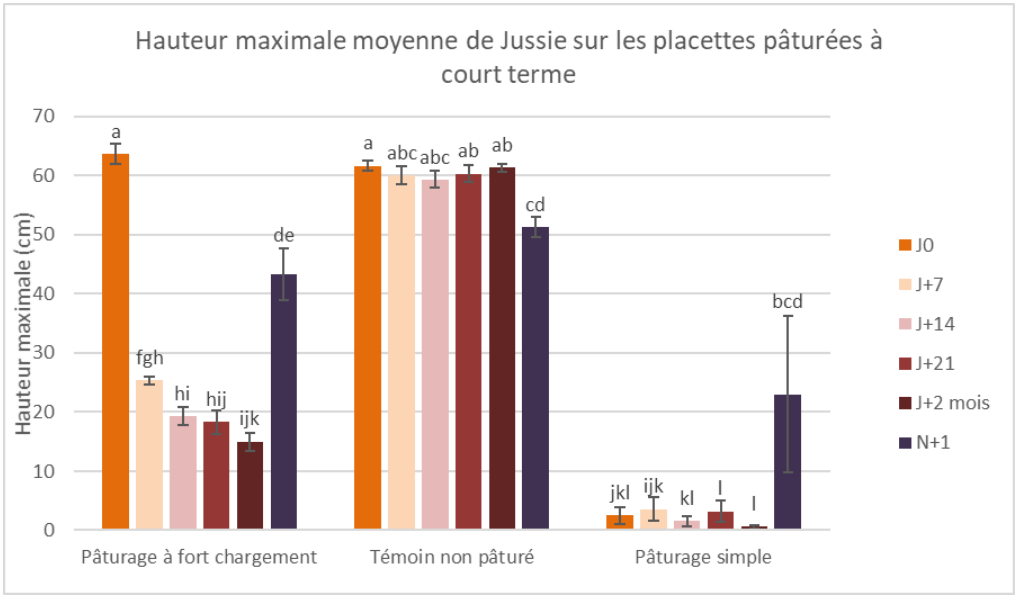


Figure 24: Hauteur maximale moyenne de Jussie sur les placettes pâturées à court terme

des résultats par absence de réplicats. Cependant, l'abondance de Jussie sur la zone décapée suit le schéma précédemment évoqué (forte baisse de recouvrement de Jussie dès la première année suivie d'une remontée progressive les deux années suivantes jusqu'à 17%). La zone où a été enfouie la Jussie montre une même efficacité la première année après travaux et les années suivantes. La troisième année, un faible pourcentage de recouvrement apparait (inférieur à 1%) dû à l'apparition d'un pied de Jussie sur cette zone

3.2.3. Comparaison du pâturage simple et du pâturage à fort chargement

Concernant le pâturage, les résultats de l'abondance de la Jussie (Fig.23) ne montrent aucune différence significative (KW, pvalue=0.38). Le témoin non pâturé est stable, en l'absence de pression sur la Jussie, mais une tendance à la baisse est observée en N+1 indiquant une variabilité interannuelle, expliquant les tendances à la baisse pour cette même date sur les deux modalités de pâturage. Sur une période de deux mois, le pâturage à fort chargement montre une tendance à la baisse (diminution du recouvrement de 23%) en comparaison aux deux témoins, pâturé et non pâturé. La pression prodiguée à la Jussie par le pâturage à fort chargement, à travers le pâturage et le piétinement, diminue le recouvrement de l'espèce. Une tendance à la baisse est observée pour le pâturage simple à partir de j+21 : ce même effet pourrait être étalé sur une plus longue période pour le pâturage simple, diffusant les résultats sur un plus long laps de temps, qui ne serait soit pas visible sur le graphique, ou bien il n'y aurait pas d'effet sur la Jussie. Sur le long terme, à N+1, la tendance à la baisse observée sur le témoin nous indique une particularité du développement de la jussie cette année-là, pouvant expliquer la tendance à la baisse observée pour les deux modalités de pâturage, sans qu'une efficacité à long terme de la gestion ne soit observée.

Les résultats sur la hauteur maximale moyenne (Fig.24), quant à eux, montrent des effets significatifs entre les différents traitements (KW, pvalue=$1.40.10^{-5}$). Le témoin non pâturé présente des pieds de Jussie dépassant les 60cm sur toute la période des relevés. La Jussie sur le témoin pâturé est maintenue à une hauteur inférieure à 10 cm grâce à l'action du pâturage par les bovins et les équins. Les pieds de Jussie sont en majorité rampants, et non dressés. Enfin, concernant les parcelles subissant un pâturage à fort chargement, la Jussie subit une forte diminution de sa hauteur maximale, passant de plus de 60cm à 15cm en 2 mois. De plus, il s'agit d'une hauteur maximale et non de la hauteur moyenne, et, d'après les observateurs sur le terrain, la majorité de la Jussie serait passée d'un stade dressé à un stade

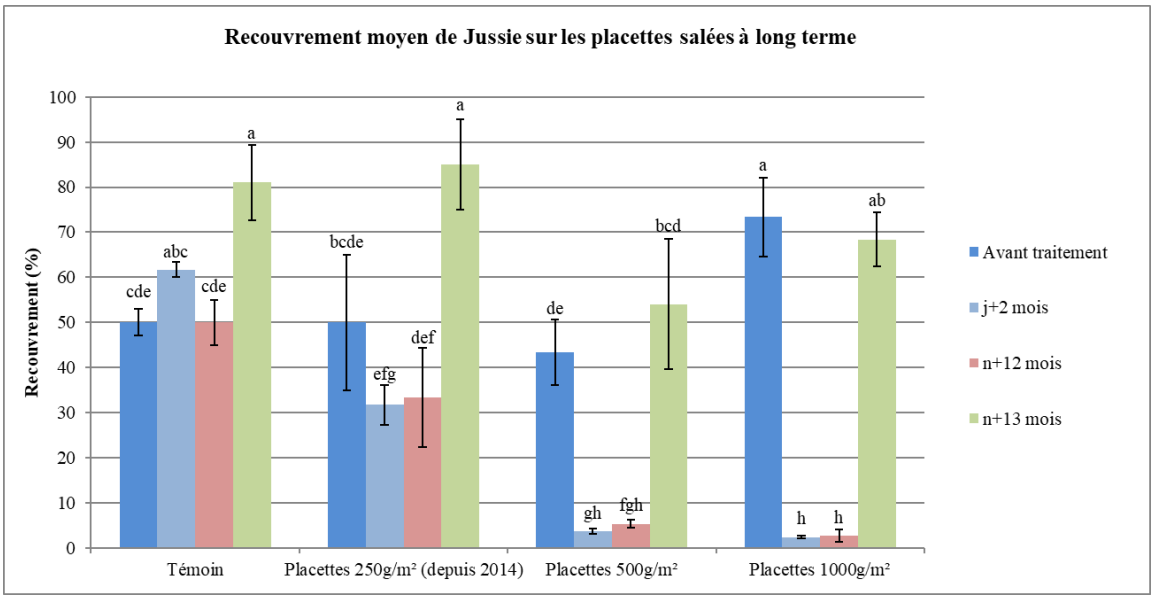


Figure 25: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes salées à long terme

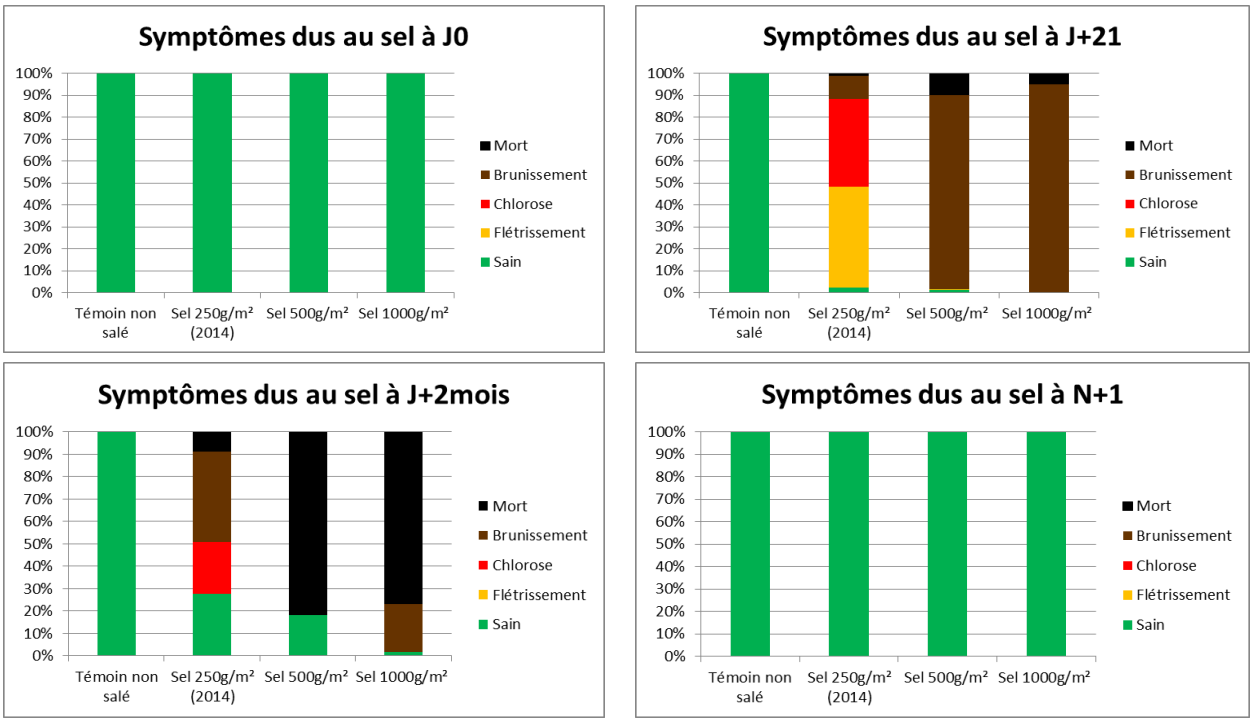


Figure 26: Symptômes dus au traitement salé à court terme

rampant, ne laissant que quelques pieds à une hauteur plus importante, sous-estimant la diminution effective en hauteur du peuplement. Le pâturage à fort chargement a donc comme effet de diminuer la hauteur de Jussie sur le court terme (2 mois). Cependant, ces effets disparaissent ou sont amoindris une année plus tard.

3.2.4. L'utilisation de sel

A long terme, le traitement au sel (Fig.25) montre différents effets sur le recouvrement de jussie en fonction des concentrations utilisées (KW, pvalue=$3.88.10^{-4)}$. Le témoin montre un recouvrement à peu près stable pendant les deux premières années (aux alentours de 55%) avant d'augmenter, de manière significative par rapport à la campagne précédente, en juillet de la deuxième année (recouvrement d'environ 80%). Sur les placettes traitées au sel, l'abondance de la jussie diminue durant la première année suite au traitement (diminution significative de 20% pour 250g/m², de 40% pour 500g/m² et de 71% pour 1000g/m²), avant de ré-augmenter en juillet de l'année suivante (augmentation significative de 52% pour 250g/m², de 49% pour 500g/m² et de 66% pour 1000g/m²). La diminution du recouvrement n'est vraiment efficace qu'à partir de 500 g de sel/m². Pour cette concentration et celles supérieures, on observe quasiment une disparition de la jussie sur ces placettes (recouvrement inférieur à 4%).

A court terme (Fig.26), les effets du sel sont un flétrissement, suivi d'une chlorose, d'un brunissement et finalement sénescence de la plante. Cependant, la vitesse et la proportion de ces différents stades sur les populations des parcelles d'expérimentation dépendent de la quantité de sel apportée. Ainsi, au bout de 21 jours, la jussie est atteinte dans toutes les modalités de concentration de sel et la presque totalité de jussie traitée à une concentration supérieure ou égale à 500 g/m², a subi un brunissement et commence à mourir. Les parcelles à 250 g/m² présentent une majorité de jussie soit flétrie, soit chlorosée, les individus ayant subi un brunissement ne sont qu'une minorité. Sur toutes ces parcelles, la présence de pieds sains est inférieure à 5%. Cependant, après cette période, certains individus présentent un rétablissement suite au traitement. On peut ainsi voir à deux mois, un retour du pourcentage de pieds sains à plus de 20% pour le traitement à 250 g/m² et supérieur à 15% pour le traitement à 500 g/m². Seul le traitement à 1 000 g/m² présente toujours un pourcentage inférieur à 5% de pieds sains. Pour un effet de destruction de la jussie, les traitements à 500 et à 1 000 g/m² sont les plus efficaces, les deux présentant un pourcentage

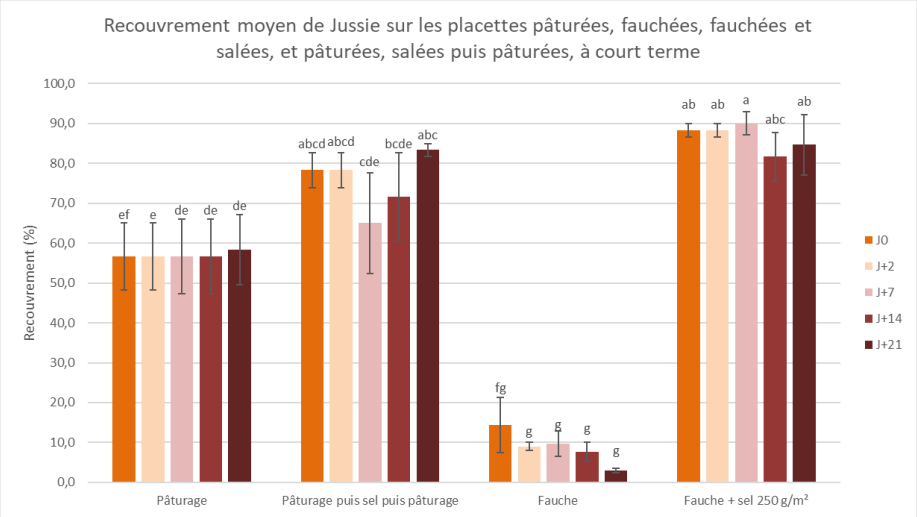


Figure 27: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant un pâturage simple, une fauche simple, un pâturage combiné au sel et une fauche combinée au sel à court terme

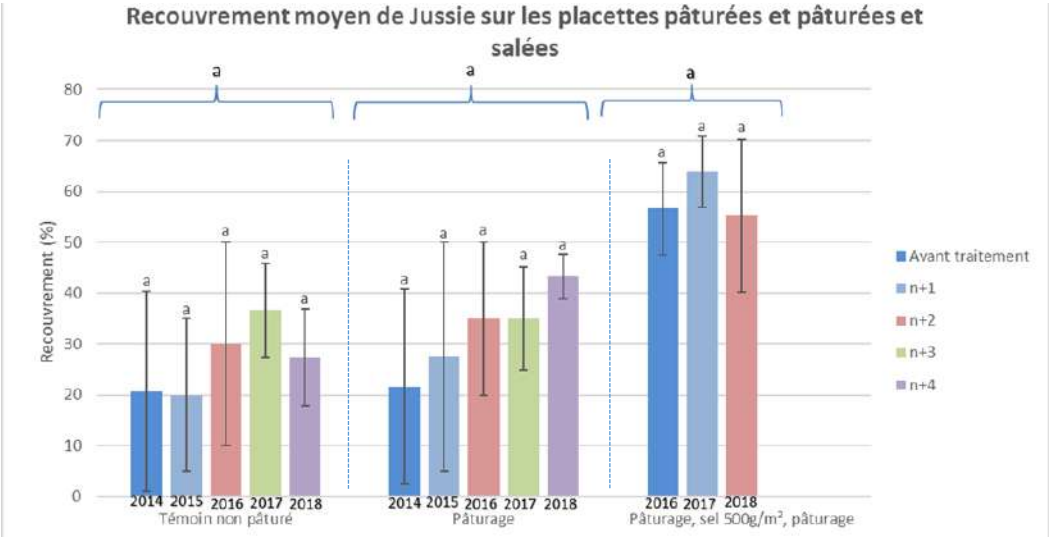


Figure 28: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant un pâturage simple ou un pâturage combiné au sel sur le long terme

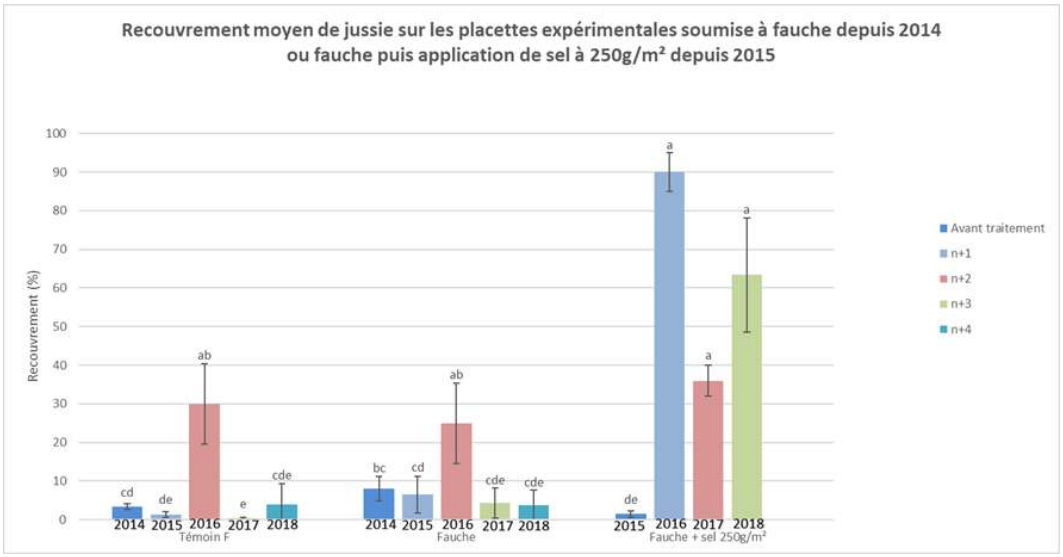


Figure 29: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant une fauche simple ou une fauche combinée au sel sur le long terme

de pieds morts supérieur à 70% au bout de deux mois, mais une repousse possible est observé pour la concentration de 500g/m².

3.2.2. Le pâturage et la fauche simples ou combinés à l'utilisation du sel

Le pâturage simple n'entraine pas d'impact significatif à court terme (21 jours) sur son abondance (KW; pvalue=$7.14.10^{-5}$, Fig.27), de l'ordre de 50 à 60%. La gestion combinée Pâturage-Sel-Pâturage donne le même type de résultats, même si une tendance à la baisse du recouvrement est observée à j+7, mais rapidement perdue en J+21.

Sur le long terme (4 ans), le pâturage simple répété annuellement (Fig.28), présente une tendance à l'augmentation (non significative) des abondances de jussie. Cette tendance peut être en partie liée à la variabilité interannuelle, au vu d'une évolution du même type observée, en moindre, sur le témoin. La combinaison annuelle pâturage et sel sur les années 2016 à 2018, montre le même type d'évolution des abondances de jussie sur ces placettes que sur le témoin, indiquant l'absence d'efficacité de cette gestion.

La fauche simple entraine une tendance à la baisse des abondances de jussie (de 15 à moins de 5%) à court terme(Fig.27). La gestion combinée Fauche + application de sel à 250 g/m² n'entraine pas d'amélioration de l'efficacité à court terme du traitement (abondances et hauteurs statistiquement stables).

Sur le long terme (4 ans), la fauche simple répétée annuellement n'entraine pas de variation de l'abondance de la jussie (Fig.29), qui reste inférieure à 10%, hormis pour l'année 2016 (pour laquelle la jussie atteint 30% de recouvrement). Néanmoins, une même évolution de la jussie est observée sur le témoin, indiquant, d'une part, la variabilité inter-annuelle marquée pour l'année 2016 (abondance augmentée) et, d'autre part, un maintien de recouvrements bas malgré l'absence de gestion. La fauche simple annuelle ne semble donc avoir aucun impact sur l'évolution des abondances de jussie. Cette gestion combinée à un apport de sel conduit à une forte augmentation des abondances sur les sites testés. Si celle-ci peut être en lien avec la variabilité inter-annuelle en 2017 (puisque comparable au témoin), ce n'est pas le cas en 2016 et 2018 où les abondances de la jussie sont de plus de 60%, laissant suggérer un impact positif de la gestion combinée.

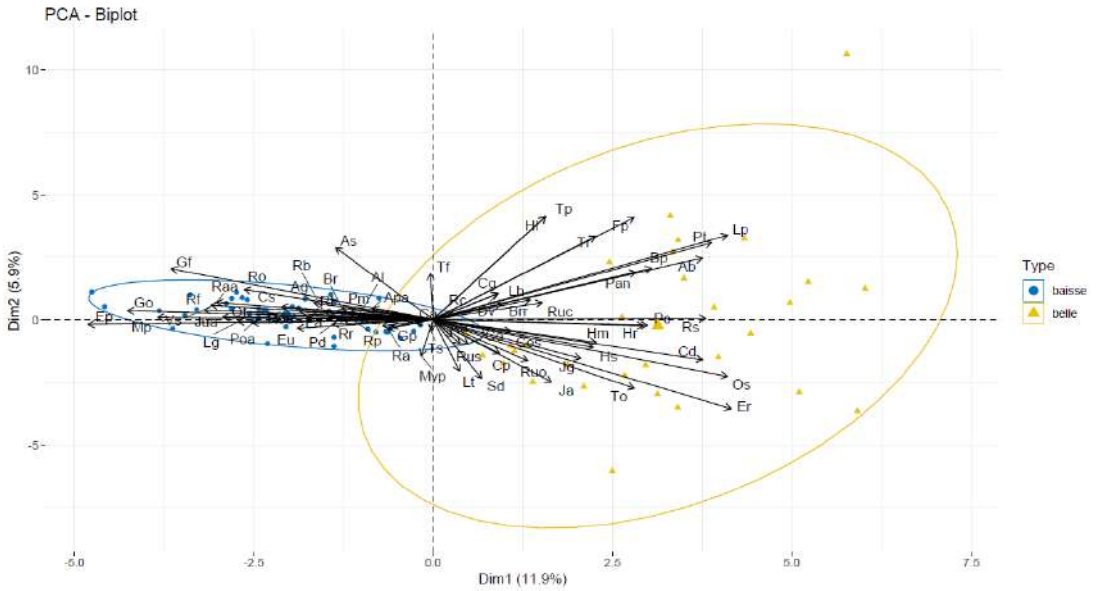


Figure 30: ACP des relevés floristiques de belles et de baisses

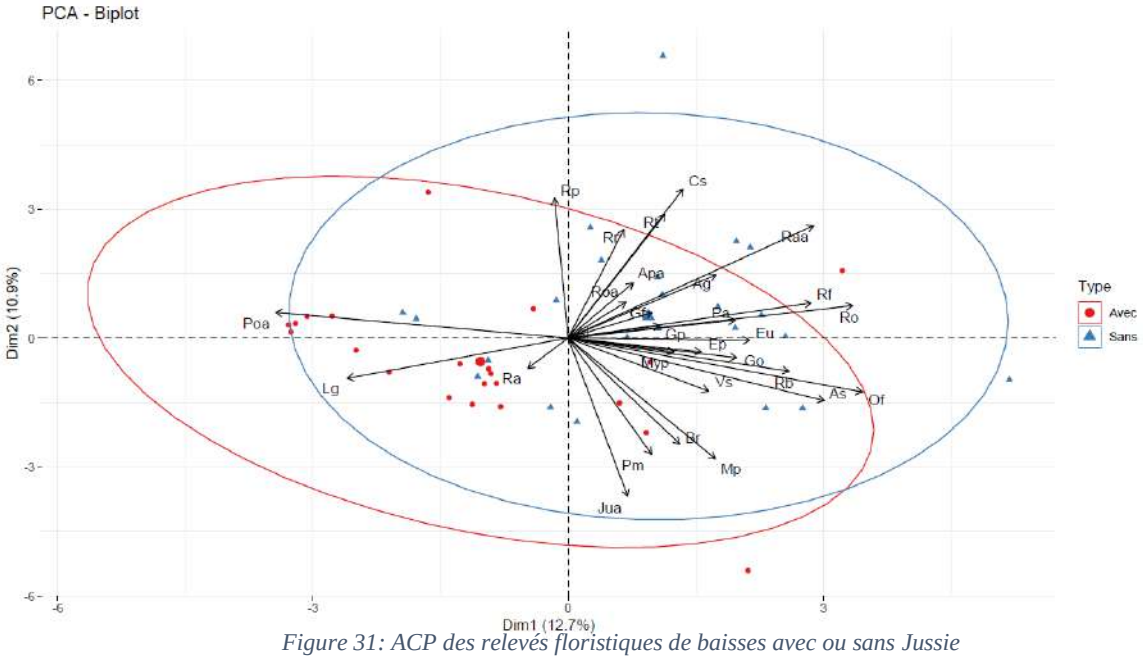


Figure 31: ACP des relevés floristiques de baisses avec ou sans Jussie

Tableau III: Légende des abrévations des espèces pour les relevés phytosociologiques

Nom d'espèce	Abrévations
Agrostis stollonifera	As
Alopecurus bulbosus	Ab
Alopecurus geniculatus	Ag
Alopecurus pratensis	Ap
Alysma lanceolatum	Al
Alysma plantago aquatica	Apa
Apium inondatum	Ai
Atriplex astata	Aa
Baldelia ranunculoïdes	Br
Bellis perennis	Bp
Bromus ramosus	Brr
Callitriche sp	Cs
Cardamia pratensis	Cp
Carex divisa	Cd
Carex otrubae	Co
Centaurea sp	Ces
Cerstium glomeratum	Cg
Cirsium arvense	Ca
Draba verna	Dv
Eleocharis palustris	Ep

Nom d'espèce	Abrévations
Eleocharis uniglumis	Eu
Elymus repens	Er
Festuca pratensis	Fp
Galium palustre	Gp
Glyceria fluitans	Gf
Gratiola officinalis	Go
Holcus lanatus	Hl
Hordeum maritimum	Hm
Hordeum secalinum	Hs
Hypochaeris radicata	Hr
Jacobaea aquatica	Ja
Juncus acutiflorus	Jua
Juncus gerardii	Jg
Leontodon hispidus	Lh
Lolium perenne	Lp
Lotus tenuis	Lt
Ludwigia grandiflora	Lg
Mentha pulegium	Mp
Myosotis palustre	Myp
Myosotis sicula	Ms

Nom d'espèce	Abrévations
Oenanthe fistulosa	Of
Oenanthe silaifolia	Os
Paspalum distichum	Pd
Persicaria amphibia	Pa
Plantago coronopus	Pc
Plantago lanceolata	Pl
Plantago major	Pm
Poa annua	Pan
Poa trivalis	Pt
Polygonum amphibium	Poa
Ranunculus acris	Ra
Ranunculus aquatilis	Raa
Ranunculus baudotii	Rb
Ranunculus flammula	Rf
Ranunculus ophioglossifolius	Ro
Ranunculus peltatus	Rp
Ranunculus repens	Rr
Ranunculus sardous	Rs
Ranunculus trichofilus	Rt
Rorripa amphibia	Roa

Nom d'espèce	Abrévations
Rumex conglomeratus	Rc
Rumex crispus	Ruc
Rumex obtusifolius	Ruo
Rumex sanguineus	Rus
Serastium dubium	Sd
Spergularia rubra	Sr
Trifolium fragiferum	Tf
Trifolium ornithopodioides	To
Trifolium pratensis	Tp
Trifolium repens	Tr
Trifolium sp	Ts
Veronica scutellata	Vs

3.3. Relevés phytosociologiques

Concernant les relevés phytosociologiques, une première ACP a été réalisée avec l'ensemble des données, intégrant les coefficients d'abondance-dominance comme des variables quantitatives. L'analyse par ACP sur les relevés phytosociologiques des belles et des baisses (Fig.30) montre une différence entre les deux groupements de végétation, les belles et les baisses formant deux groupes distincts en fonction des espèces présentes sur chaque relevé. On retrouve notamment dans les relevés des belles les espèces *Alopecurus bulbosus, Bellis perennis, Carex divisa, Hordeum marinum, Hordeum secalinum, Juncus gerardii, Lolium perenne, Plantago coronopus* et *Ranunculus sardous.* Les baisses forment un groupe à part comprenant entre autre les espèces *Alopecurus geniculatus*, *Eleocharis palustris, Glyceria fluitans, Ludwigia grandiflora, Mentha pulegium, Oenanthe fistulosa, Plantago coronopus, Polygonum amphibium, Ranunculus aquatilis, Ranunculus flammula et, Ranunculus ophioglossifolius*. Ce résultat montre que la Jussie n'est présente que sur les relevés des baisses.

En ne prenant ensuite que les relevés des baisses, et en essayant de différencier les baisses avec de la Jussie et les baisses sans Jussie grâce à l'ACP (Fig.31), on obtient deux groupes peu différenciés, avec des nuages de points qui se recouvrent. Le groupe de relevés avec Jussie a tout de même tendance à se trouver plus à gauche du graphique, avec les espèces *Ludwigia grandiflora* et *Polygonum amphibium* qui sont les plus représentatives, alors que les placettes sans Jussie se situent sur la droite du graphique avec le reste des espèces. Il est donc possible que la jussie commence à influencer la flore locale.

Figure 32: Pâturage à l'intérieur de l'exclos des zones de Jussie de Lairoux suite à son ouverture en 2018 © Gaëtan Douchin et ©Jacques Haury

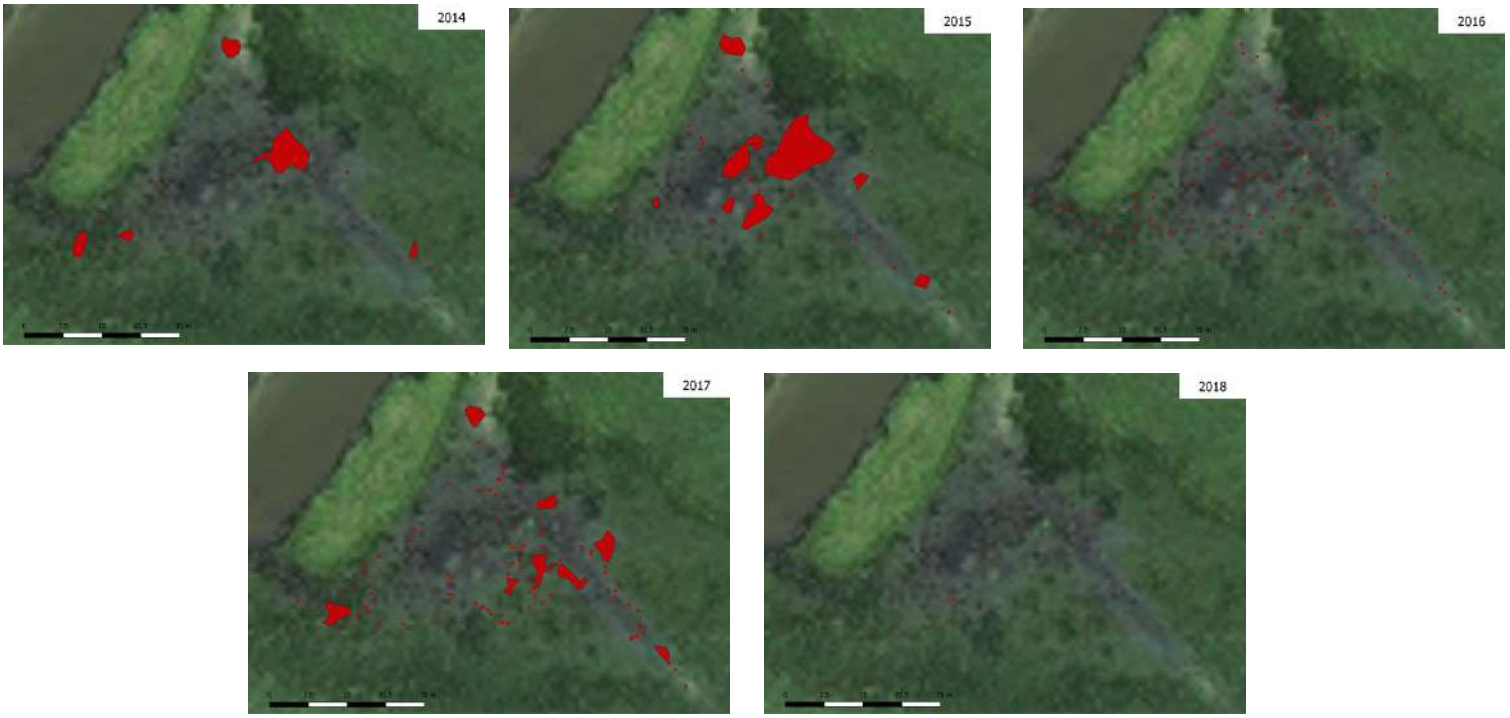


Figure 33: Cartographie de la Jussie de 2014 à 2018 sur une baisse de Lairoux envahit par la Jussie et ayant subis des arrachages manuels chaque année

3.4. Observations lors de la mise en place du plan de gestion

La mise en place du plan de gestion a permis d'observer certains phénomènes qui sont intéressants à prendre en compte en parrallèle des résultats du protocole expérimental.

Il est tout d'abord à noter que les effets de l'ouverture ont été les mêmes pour les deux exclos mais que la période d'efficacité de ces effets a été différentes. Du côté Lairoux, les animaux ont commencé à y aller dès le premier jour, et un roulement s'est mis en place, différent troupeaux allant dans l'exclos à tour de rôle, assurant ainsi une présence régulière des animaux à l'intérieur (Fig.32). Ce phénomène a ainsi permis l'abroutissement complet de la Jussie dressé en un peu plus d'une semaine. Les animaux ont d'abord commencé par brouter les belles présentes dans l'exclos, avant de s'attaquer aux baisses et au foyer de Jussie. Il a été observé qu'une partie des belles n'a pas été brouté suite au couchage de la végétation par les animaux qui ont dû se reposer à certains endroits et au manque d'appétence de certaines espèces comme les orges. Pour ce qui est de Curzon, seulement certains chevaux sont allés dans l'exclos le lendemain de l'ouverture, suivis dans les jours suivants par le reste des équidés. Cependant, dans les neufs jours qui suivirent l'ouverture de l'exclos, aucun bovin n'a été aperçu dans l'exclos et l'abroutissement a été moindre que ce qui était espéré. Finalement, l'intérieur de l'exclos a été brouté trois semaines après ouverture de l'exclos et en retournant sur le communal de Curzon le 27 août, on a pu voir que l'intégralité de l'exclos avait été broutée, aussi bien les feuilles que les fleurs de Jussie, mais qu'une partie du fourrage potentiel n'avait pas été brouté, mais plutôt couché.

La cartographie de la Jussie des cinq dernières années a mis en avant un effet de l'arrachage manuel dans une zone située légèrement à l'est du foyer principal de Lairoux (Fig.33). Le passage répété des bénévoles des Rouches plusieurs fois au printemps depuis cinq ans sur cette zone a permis une diminution importante de recouvrement de la Jussie. Les relevés de végétation ne peuvent pas pour l'instant montrer de résultats du fait de leur mise en place cette année.

Figure 34: Chemins de ragondin visibles à l'entrée princpale de la baisse de Curzon, envahit par la Jussie. Le passage répété des animaux pour rejoindre les zones les plus en eau des zones les plus au sec se fait aux mêmes endroits, traçant des lignes au sein de la végétation ©Gaëtan Douchin

Figure 35: Petit pieds de Jussie trouvé au sein du foyer principal de Jussie de Lairoux au printemps 2018. Les bords des feuilles a été consommé par une écrevisse ©Gaëtan Douchin

4. Discussion

4.1. L'avancée de la colonisation, grâce à l'eau et aux animaux

Si beaucoup de baisses sont colonisées via leur zone de contact avec les fossés, transporteurs de boutures de jussie, aujourd'hui, avec le niveau d'envahissement actuel de certaines baisses, les fossés ne sont plus les seuls vecteurs de boutures. En effet, certaines baisses forment de grandes surfaces qui, en fonction des niveaux d'eau, sont en contact direct et communiquent entre elles. On peut ainsi regrouper les baisses cartographiées en quatre grands groupes. La jussie est présente dans trois de ces quatre groupes (la dernière étant pour l'instant saine, malgré la présence de jussie dans les fossés alentours) et la colonisation de la jussie y est si avancée que celle-ci colonise de nouvelles baisses par ces zones de contact avec des baisses déjà envahies. Le foyer de jussie est tellement développé qu'il est une source de boutures qui vont coloniser le Fossé Neuf, phénomène inverse de ce qui se passait il y a sept ans. La jussie se développant sur les zones hygrophiles, il est nécessaire de cartographier l'ensemble des baisses, zones pouvant être potentiellement colonisées, afin de prendre en compte ces zones en tant que zones pouvant être envahies dans le plan de gestion.

De nombreux oiseaux sont présents sur les communaux, en particulier dans les zones les plus en eau. En effet, au cours de l'année, de nombreuses Cigognes blanches, de Vanneaux huppés, de Hérons garde-bœuf, de Cygnes tuberculés et d'Echasses blanches ont été observées dans les deux principaux foyers de jussie. Ces animaux sont des vecteurs probables de production de boutures et de dissémination, transportant des boutures des foyers de jussie jusqu'à d'autres baisses saines. De même, de nombreux chemins de ragondins passent par les foyers de jussie (Fig.34), prouvant la présence de ces mammifères qui peuvent transporter des boutures. Enfin, la présence de l'Ecrevisse de Louisiane est importante sur les communaux ce dont témoignent la présence d'écrevisses en partie consommées et des zones de jussie dont les feuilles sont marquées par la consommation par l'espèce (Fig.35). Ainsi, les oiseaux, les ragondins et les écrevisses sont des vecteurs de dispersion sur les communaux de Lairoux et Curzon. Une étude éthologique sur la consommation et la dispersion de la jussie sur la faune locale serait à faire pour en comprendre tous les tenants et aboutissements.

Figure 36: Baisses avant et après arrachage de Jussie par des bénévoles ©Gaëtan Douchin

4.2. L'expérimentation des moyens de gestion

De nombreux biais se retrouvent dans cette étude : les recouvrements de jussie ne sont pas les mêmes initialement pour toutes les zones expérimentales (or la réponse des populations peut être différente selon le degré de colonisation), la jussie recolonise les placettes expérimentales par l'extérieur des placettes, toutes les expérimentations n'ont pas commencé la même année, il y a un manque de réplicats qui ne facilite pas les analyses statistiques, certaines placettes ont été perdues d'une année à l'autre et l'expérimentation a dû être recommencée sur d'autres placettes et finalement, un biais observateur est problable. Dans l'idéal, il aurait été plus intéressant d'appliquer les différents traitements sur des zones plus grandes, entourées de zones tampon, avec un plus grand nombre de réplicats, dans une zone homogène du point de vue de l'abondance de Jussie. Tous ces facteurs rendent l'analyse des résultats assez difficile. Cependant, quatre moyens de gestion ont été retenus pour le plan de gestion.

L'arrachage manuel ne montre pas de résultat probant (principalement dû au biais d'expérimentation), mais, il reste un des moyens de gestion préconisé par les gestionnaires au regard de la diminution mesurée par la cartographie de la jussie sur les zones traitées. Les arrachages manuels par les bénévoles montrent des effets sortant des biais de protocole, ceux-ci traitant de grandes zones plusieurs fois au cours de l'année. Très sélectif et limitant donc son impact sur la flore présente, il permet le nettoyage d'une zone de quasiment la totalité de la jussie qui s'y trouve (Fig.36). Cependant, il doit être réalisé avant fin-juin, quand les baisses sont encore en eau et que la jussie ne s'enracine pas encore trop profondément, de manière à pouvoir déraciner facilement et enlever donc la plante en totalité. En effet, le rédemarrage pouvant se réaliser sur une petite portion de rhizome (Hussner, 2009), les personnes réalisant ce travail doivent veiller à arracher la plante entièrement, en veillant à ne pas la casser. Il est nécessaire de ramasser les fragments de jussie après travaux, jusqu'aux feuilles flottantes qui ont pu se séparer lors de l'arrachage, car ceux-ci sont des boutures potentielles représentant un risque de développement de la plante entière (Hussner, 2009). Les déchets produits sont ensuite mis à décomposer dans un lieu sec.

L'enlèvement mécanique avec travail du sol montre de bons résultats sur la Jussie, notamment les méthodes de décapage. La méthode de décapage avec enfouissement avec couvert végétal permet une gestion simple des déchets et des économies de coût. Cependant, toutes ces méthodes ont un effet limité dans le temps : au bout de 3 ans, selon nos

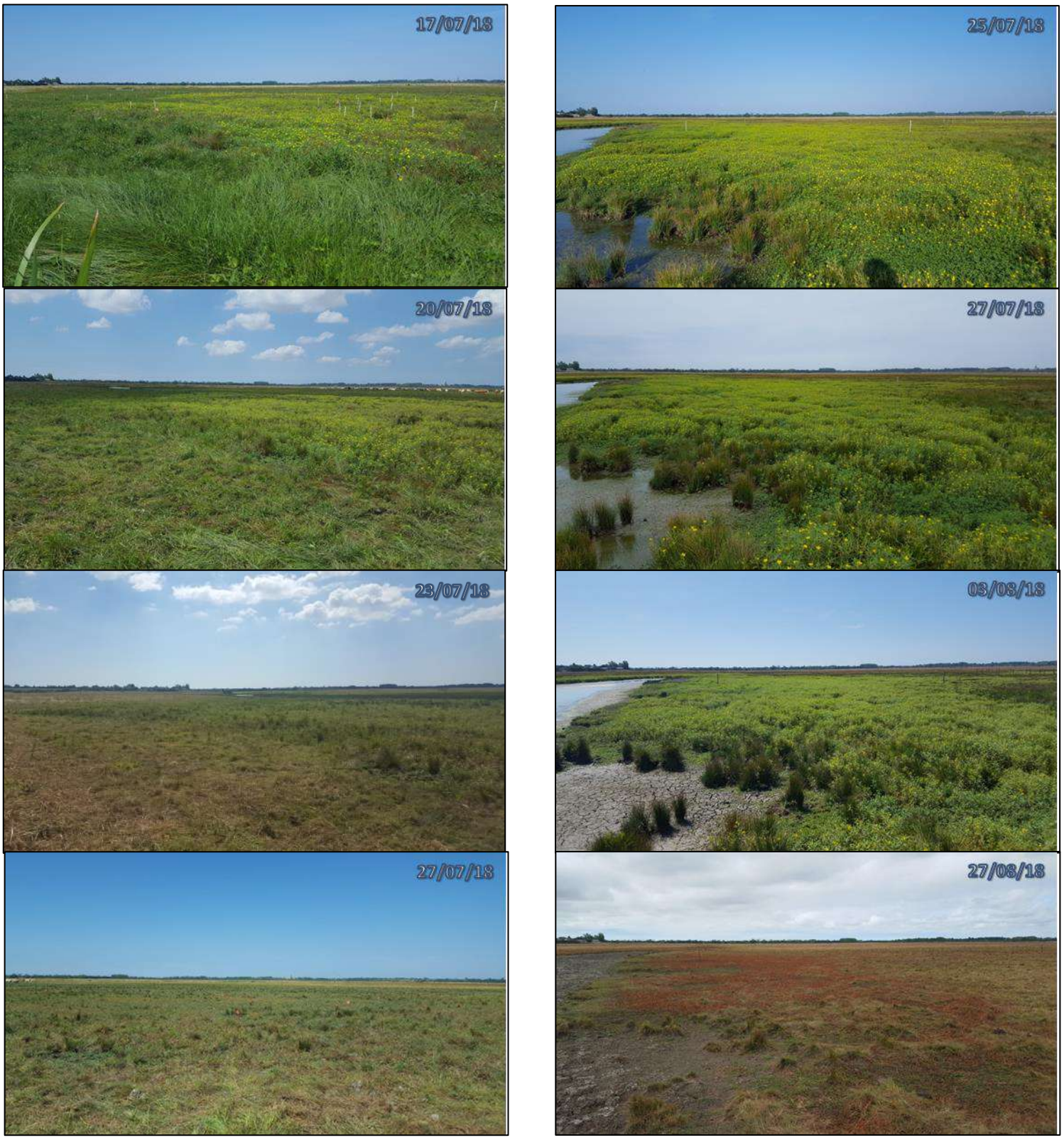


Figure 37: Photo de l'évolution des foyers de Jussie suite à l'ouverture des exclos. A gauche, le foyer principal de Lairoux, dont l'exclos a été ouvert le 16 juillet 2018. A droite, le foyer principal de Curzon, dont l'exclos a été ouvert le 25 juillet 2018.Source : ©Gaëtan Douchin

expérimentations, l'efficacité de la gestion est perdue suite aux repousses et recolonisation par l'extérieur. Ils devraient donc être accompagnés d'arrachages manuels dits de finition afin de supprimer d'éventuelles repousses de Jussie. Cette recolonisation du site illustre également la nécessite de maintenir un suivi des zones traitées et une pression de gestion annuelle, par exemple par arrachages manuels annuels suite à une telle gestion. Un des points négatifs de ce moyen de gestion est son côté destructeur, éliminant toute la végétation présente et pouvant impacter jusqu'à la banque de graines, posant notamment un problème pour les sites présentant des espèces protégées. De plus, cette ouverture du milieu crée un habitat particulièrement favorable à l'établissement de la jussie, n'étant alors plus potentiellement concurrencée par le tapis végétal en place. De même, cette technique représente un coût technique important et ne peut être utilisée pour de grandes surfaces. Elle est donc à préconiser sur de petites surfaces où la Jussie, par compétition, a tellement supplanté le reste de la flore locale que la diversité y est très faible.

Le pâturage à fort chargement, montrant une tendance à la diminution à court terme du recouvrement et de la hauteur de la plante (Fig.37), serait plutôt à utiliser afin de limiter l'extension de la jussie. Le suivi photographique mis en place en 2018 sur les exclos de Lairoux et Curzon a mis en évidence l'effet du pâturage comme étant effectif au bout d'une semaine sur un site et de quatre semaines sur l'autre. Cette différence peut s'expliquer par le fait que ce ne soient pas les mêmes animaux qui pâturent ces zones, par la différence de clôture entre les deux exclos ou bien encore par la quantité d'herbe dans le communal. Cette méthode reste cependant à préconiser dans le cas présent, le pâturage étant déjà présent sur le communal et cette gestion reste donc en continuité de l'historique des pratiques. Même si la réduction de l'abondance de la jussie n'est pas apparue significativement importante, il permet *a minima* la destruction des fleurs avant fructification.

L'utilisation de sel dans la lutte contre la Jussie montre des effets intéressants à court terme, la Jussie étant fortement impactée par les traitements au sel à des concentrations de 500g/m² et à 1000g/m². Cependant, au fil des saisons, cet effet est dilué par les précipitations et les niveaux d'eau. De plus, le sel étant un phytocide non sélectif, de nombreuses autres espèces sont aussi impactées, notamment la gratiole, et ce d'autant plus que la dose de sel est importante. Comme les arrachages mécaniques, cette méthode est coûteuse à mettre en place. Elle reste donc à préconiser sur les petites surfaces, sur lesquelles la Jussie est en abondance maximale ou bien en mélange avec des espèces tolérantes au sel et à une concentration de

500g/m², suffisante pour avoir un effet sur la jussie tout en essayant de limiter l'impact sur le reste de la végétation.

Enfin, concernant les méthodes combinées de fauches et de pâturages avec le sel, le fait de combiner deux méthodes de gestion semble provoquer un effet antagoniste entre ces deux méthodes. En effet, alors que le traitement par le sel montre une bonne efficacité à n+1 (au moins pour la concentration de 500g/m²), la combinaison sel 500g/m² + fauche ou pâturage ne montre pas d'amélioration des résultats de fauche ou pâturage seuls. L'utilisation de sel est donc plutôt à prescrire sur les parcelles n'étant soumises à aucune autre mesure de gestion. Ce résultat est étonnant au vu de bibliographie, les méthodes combinées de gestion étant souvent encouragées au vu de l'augmentation de leur efficacité (Dutartre, 2004).

4.3. Les relevés phytosociologiques

Les relevés phytosociologiques ont mis en évidence deux groupes de végétations différentes, un pour les belles et un pour les baisses. En comparant ces groupes avec la bibliographie (Bouzillé, 1992), on retrouve les espèces caractéristiques de deux associations. Les baisses qui nous concernent font partie de l'association *Ranunculo ophioglossifolii - Oenanthetum fistulosae* de Foucault (1984) avec un mélange des sous- associations *eleocharetosum palustris* et *menthetosum pulegii*. Les espèces caractéristiques de ces baisses présentes sur le site sont : *Oenanthe fistulosa, Alopecurus geniculatus, Ranunculus ophioglossifolius, Eleocharis palustris, Ranunculus flammula, Polygonum amphibium, Mentha pulegium, Ranunculus aquatilis* et *Glyceria fluitans*. Ce sont les espèces les plus hygrophiles (entre 7 et 10 d'humidité selon les indices d'Ellenberg). Pour ce qui est des belles, elles sont rattachées à l'association *Carici divisae - Lolietum perennis* de Foucault (1984) et sont représentées sur le communal par : *Carex divisa, Lolium perenne, Hordeum secalinum, Plantago coronopus, Ranunculus sardous* et *Bellis perennis*. Ce sont les espèces les moins hygrophiles (entre 5 et 7 d'humidité selon les indices d'Ellenberg). L'association *Alopecuro bulbosi – Juncetum gerardii* est représentée par les espèces suivantes : *Juncus gerardii, Hordeum marinum* et *Alopecurus bulbosus*. Cette association se retrouve associée à certains des relevés de belles.

Concernant les différences dans la végétation des baisses avec ou sans Jussie, on ne remarque pas de différence nette, montrant une colonisation encore plutôt faible par la Jussie,

Figure 38: Photo prise au centre du foyer de Jussie de Curzon, montrant la présence de surface recouverte abondamment par la menthe pouillot à côté de zones recouvertes princpalement de Jussie

pas encore assez avancée (abondance moyenne de 10% sur les relevés) pour permettre une séparation nette entre les deux groupes, ou l'absence d'effet de la Jussie sur la flore locale.

Les observations sur le terrain ont permis de voir que sur les parcelles les plus envahies par la Jussie, *Eleocharis palustris*, *Polygonum amphibium* et *Mentha pulegium* sont les trois espèces qui cohabitent le mieux avec un fort recouvrement de Jussie. Ces espèces seraient donc soit plus résistantes que les autres à la concurrence de la Jussie, soit elles arriveraient à entrer en compétition avec la Jussie. Certains gestionnaires commencent à faire remonter l'information que *Mentha pulegium* pourrait concurrencer la Jussie, ce qui a été aussi observé à Curzon (Fig.38), où l'on trouve une zone au centre du foyer de Jussie couverte à plus de 90% de recouvrement par la Menthe pouillot avec très peu de pied de Jussie au sein de cette zone.

Il est tout de fois nécessaire de faire des mesures plus poussées entre ces deux groupes de végétation, en regardant la pédologie et les paramètres physico-chimiques. De même, il faudrait suivre l'évolution des tâches de ces espèces au sein des herbiers de jussie, voire de faire des expérimentations de mise en concurrence en milieu contrôlé.

5. Conclusion

La jussie est une espèce qui s'établit sur les zones en eau une grande partie de l'année, et est donc favorisée par la présence de fossés et de baisses sur les communaux. Leur cartographie annuelle montre les zones pouvant être colonisées et donne une indication par rapport aux zones à prospecter pour la cartographie de la jussie. Cette deuxième cartographie donne l'avancée de la colonisation de la jussie sur les communaux d'année en année. Il en ressort qu'elle a progressé de 1,18 ha en 2014 à 2,8 ha en juillet 2018.

Les expérimentations de gestion et leur suivi, travail de 5 années d'étude, montrent des résultats intéressants pour les moyens de gestion suivants. L'arrachage manuel a un effet chirurgical sur la jussie et épargne le reste de la flore locale. La mise en exclos des foyers de jussie, permet d'éviter un bouturage au printemps par le bétail, d'avoir un développement de la flore locale et la concurrence de ces espèces envers la jussie, ainsi que le pâturage de celle-ci avant sa fructification. Le décapage avec enfouissement permet une forte diminution du

recouvrement de la jussie, et, associé à de l'arrachage manuel, gère les déchets produits. L'application de sel à 500g/m² a un impact important sur la jussie, entraînant la mort d'un grand nombre d'individus de jussie tout en évitant des effets trop importants sur la flore locale qu'entrainerait une application à 1000 g/m².

Ces méthodes ont été retenues dans la mise en place d'un plan de gestion de la jussie terrestre sur les communaux de Lairoux et Curzon. Celui-ci privilégie notamment la mise en place d'exclos qui sont ouverts courant juillet et l'arrachage manuel au cours du printemps. Des méthodes de suivi ont été mises en place afin de suivre l'évolution de la colonisation de la jussie dans les années à venir.

Des études complémentaires seraient nécessaires afin de mieux connaître les flux de boutures, la germination des capsules potentiellement produites sur les communaux et les interactions entre la jussie et la flore locale. Il est aussi nécessaire de surveiller les autres plantes envahissantes présentes sur les communaux, qu'elles soient introduites, comme le paspale à deux épis (*Paspalum distichum*) et le myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*), ou bien autochtones, comme le séneçon aquatique (*Jacobaea aquatica*).

La dynamique collective mise en place autour de la gestion des formes terrestres de Jussie sur les communaux permet de limiter leur progression et de ne pas perdre les intérêts agricoles et patrimoniaux de ces habitats grâce à l'attention accrue qui y est portée.

Références bibliographiques

Bouzillé J.-B. 1992. Structure et dynamique des paysages, des communautés et des populations végétales des marais de l'ouest. Thèse, Université Rennes 1, 272 p.

Dandelot S. 2004. Les Ludwigia spp. invasives du sud de la France : historique, biosystèmatique, biologie et écologie. Thèse, Université Paul Cézanne, Aix-Marseille. 195p.

DRASS Rhône-Alpes 2000. La lutte contre l'ambroisie. 8 p.

Dutartre A., 2004. De la régulation des plantes aquatiques envahissantes à la gestion des hydrosystèmes. *Ingénieries* n° spécial : 87-100

Dutartre A., Haury J., Dandelot S., Coudreuze J., Ruaux B., Lambert E., Le Goffe P. & Menozzi M.-J. 2007. Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implication pour la gestion. Restitution programme de recherche INVABIO. 128 p.

Dutartre A. & Oyarzabal J. 1993. Gestion des plantes aquatiques dans les lacs et les étangs landais. *Hydroécologie Appliquée*. **5**: 43–60.

Etablissement Public du Marais poitevin 2017. Protocole de gestion de l'eau des marais communaux de Curzon et de Lairoux. 14 p.

Forum des Marais Atlantiques et Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire 1999. Plan d'action pour le Marais poitevin. Délimitation et caractérisation de la zone humide du Marais poitevin. 52 p.

Garreau-Dupin C. 2015. Gestion des formes terrestres de Jussie en prairies inondables. Rapport de stage, Université Paris Sud, 84p.

Gueret J.-P. 2006. Plan de gestion du Communal de Lairoux 2006-2012. Rapport de stage, 72 p.

Haury J. & Damien J.-P. 2012. Les invasions biologiques dans le Parc naturel régional de Brière : présentation d'une recherche-action. *Sciences Eaux & Territoires* 6 : 26–33.

Haury J. & Damien J.-P. 2014. De nouvelles mauvaises herbes en zones humides : les formes terrestres des Jussies invasives sur prairies. *Sciences Eaux & Territoires* 15 : 16-21

Haury J., Druel A., Cabral T., Paulet Y., Bozec M. & Coudreuse J. 2014. Which adaptations of some invasive Ludwigia spp. (Rosidae, Onagraceae) populations occur in contrasting hydrological conditions in Western France?. *Hydrobiologia*. **737**: 45–56.

Haury J. & Matrat R. 2015. Synthèse sur les formes terrestres de Jussie. 54p.

Hoffmann B.D. & Courchamp F. 2016. Biological invasions and natural colonisations : are they that different ?. *NeoBiota* 29 : 1–14.

Hussner A. 2009. Growth and photosynthesis of four invasive aquatic plant species in Europe. *Weed Research.* **49**: 506–515.

Lambert E., Dutartre A., Coudreuse J. & Haury J. 2010. Relationships between the biomass production of invasive Ludwigia species and physical properties of habitats in France. *Hydrobiologia*. **656**: 173–186.

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie 2014. 3ème plan national d'action en faveur des milieux humides. 30 p.

Parc Interrégional du Marais poitevin 2003. Document d'Objectifs Natura 2000 du Marais poitevin. 302 p.

Philippe C. 2017. Gestion des formes terrestres de la Jussie à grandes fleures Ludwigia grandiflora sur les prairies communales inondables de Lairoux et Curzon. Rapport de stage, Université de Strasbourg, 24p.

Philippe C., Cardot O. & Haury J. 2017. Plan de gestion des Communaux de Lairoux et Curzon - Régulation des populations de Jussie terrestre. 44p.

Pierre A. 2014. La forme terrestre de la Jussie dans les marais communaux de Lairoux et de Curzon. Rapport de stage, Université Rennes 1, 60 p.

Pottier G., Haury J. & Damien J.-P. 2013. Synthèse des connaissances concernant la Grande Jussie acquisess de 2007 à 2013 dans le Parc naturel régional de Brière (Loire-Atlantique). 38 p.

Simberloff D., Martin J.-L., Genovesi P., Maris V., Wardle D.A., Aronson J., Courchamp F., Galil B., García-Berthou E., Pascal M., Pyšek P., Sousa R., Tabacchi E. & Vilà M. 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. Trends in *Ecology & Evolution*. **28**: 58–66.

Syndicat mixte du Parc interrégional du Marais poitevin 2008. Conservation des habitats et des espèces les plus remarquables du Marais poitevin. 8 p.

Thouvenot L. 2012. Stratégies de réponse de l'espèce invasive Ludwigia grandiflora aux contraintes environnementales. Thèse, Université Européenne de Bretagne, 255p.

Thouvenot L., Haury J. & Thiebaut G. 2013. A success story: water primroses, aquatic plant pests. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 14p.

Tournade F. 1993. Les prairies naturelles humides communales du Marais poitevin. Thèse, E.N.S.A de Rennes, 217p.

van der Velde G., Rajagopal S., Kuyper-Kollenaar M., Bij de Vaate A., Thieltges D.W. & MacIsaac H.J. 2006. *Biological Invasions: Concepts to Understand and Predict a Global Threat*. pp. 61–90. In: Bobbink R., Beltman B., Verhoeven J.T.A., & Whigham D.F. (eds), Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Westrich R. 2016. Gestion des formes terrestres de Jussie à grandes fleurs dans les communaux de Lairoux et Curzon. Rapport de Stage, Université de Bourgogne Franche-Comté, 70 p.

Williamson M. & Fitter A. 1996. The Varying Success of Invaders. Ecology. **77**: 1661–1666.

Table des illustrations

Figure 1: Schéma de colonisation Ce schéma considère à la fois la dispersion médiée par l'homme et la dispersion naturelle, et reconnaît que toute espèce dans de nouveaux environnements est soumise aux mêmes barrières de survie, de reproduction, de dispersion et d'extension de l'aire de répartition, quelle que soit leur origine. D'après Hoffmann & Courchamp, 2016. 7

Figure 2: Distribution géographique des jussies en France en 2004. Les foyers de jussies sont représentés par les points bleues. Source : Dandelot et al., 2004 9

Figure 3 : Evolution du Marais poitevin au cours des vingt derniers siècles. Source : Document d'Objectifs Natura 2000 du Marais poitevin, 2003 11

Figure 4: Schéma d'aménagement du Marais poitevin. Source : Denis Clavreul, PNR du Marais poitevin 11

Figure 5 : Cartographie du Marais poitevin. Source : Atlas du marais poitevin, 2015 11

Figure 6 : Ouverture des communaux de Lairoux et Curzon © Gaëtan Douchin 13

Figure 7: Localisation des vingt marais communaux utilisés en pâturage collectif existant dans le Marais poitevin. Source : Parc naturel régional du Marais Poitevin 13

Figure 8: Carte de localisation des sites d'expérimentations de la jussie sur les communaux de Lairoux et Curzon 15

Figure 9 : Les quatre espèces protégées nationalement du site de Lairoux-Curzon..... 15

Figure 10: Schématisation du cycle de vie de L. grandiflora. D'après Thouvenot et al., 2013 19

Figure 11: Foyers de jussie sur Lairoux (en haut) et sur Curzon (en bas). La jussie est facilement reconnaissable à ses fleurs jaunes. Source : © Gaëtan Douchin 21

Figure 12: Carte de l'ensemble des placettes expérimentales du protocole 2014-2018 sur Lairoux et Curzon 25

Figure 13: Localisation des placettes de 25m² des relevés phytosociologiques sur les communaux de Lairoux et Curzon 27

Figure 14: Position des exclos de Lairoux et Curzon mis en place au printemps 201829

Figure 15: Localisation des zones ayant subis un arrachage manuel par les bénévoles de Lairoux et Curzon en 2018 29

Figure 16: Cartographie des baisses en eau sur les communaux de Curzon et Lairoux en avril et en juillet 2018 31

Figure 17: Cartographie de la répartition de la Jussie sur les communaux de Curzon et Lairoux en avril et en juillet 2018 31

Figure 18: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage manuel à court terme 33
Figure 19: Hauteur maximale moyenne de Jussie sur les parcelles avec arrachage manuel à court terme 33
Figure 20: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage manuel à long terme 35
Figure 21: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes avec arrachage mécanique 35
Figure 22: Recouvrement moyen de Jussie sur les parcelles ayant subi un décapage ou un enfouissement en 2016 35
Figure 23: Recouvrement moyen de Jussie sur les parcelles pâturées à court terme ... 37
Figure 24: Hauteur maximale moyenne de Jussie sur les placettes pâturées à court terme 37
Figure 25: Recouvrement moyen de Jussie sur les placettes salées à long terme 39
Figure 26: Symptômes dus au traitement salé à court terme 39
Figure 27: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant un pâturage simple, une fauche simple, un pâturage combiné au sel et une fauche combinée au sel à court terme 41
Figure 28: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant un pâturage simple ou un pâturage combiné au sel sur le long terme 41
Figure 29: Recouvrement de Jussie sur les placettes subissant une fauche simple ou une fauche combinée au sel sur le long terme 41
Figure 30: ACP des relevés floristiques de belles et de baisses 43
Figure 31: ACP des relevés floristiques de baisses avec ou sans Jussie 43
Figure 32: Pâturage à l'intérieur de l'exclos des zones de Jussie de Lairoux suite à son ouverture en 2018 © Gaëtan Douchin et ©Jacques Haury 45
Figure 33: Cartographie de la Jussie de 2014 à 2018 sur une baisse de Lairoux envahit par la Jussie et ayant subis des arrachages manuels chaque année 45
Figure 34: Chemins de ragondin visibles à l'entrée princpale de la baisse de Curzon, envahit par la Jussie. Le passage répété des animaux pour rejoindre les zones les plus en eau des zones les plus au sec se fait aux mêmes endroits, traçant des lignes au sein de la végétation ©Gaëtan Douchin 47
Figure 35: Petit pieds de Jussie trouvé au sein du foyer principal de Jussie de Lairoux au printemps 2018. Les bords des feuilles a été consommé par une écrevisse ©Gaëtan Douchin 47

Figure 36: Baisses avant et après arrachage de Jussie par des bénévoles ©Gaëtan Douchin 49

Figure 37: Photo de l'évolution des foyers de Jussie suite à l'ouverture des exclos. A gauche, le foyer principal de Lairoux, dont l'exclos a été ouvert le 16 juillet 2018. A droite, le foyer principal de Curzon, dont l'exclos a été ouvert le 25 juillet 2018.Source : ©Gaëtan Douchin 51

Figure 38: Photo prise au centre du foyer de Jussie de Curzon, montrant la présence de surface recouverte abondamment par la menthe pouillot à côté de zones recouvertes princpalement de Jussie 55

Tableau I : Liste des différents essais de traitements mise en place sur les communaux de Lairoux et Curzon 23

Tableau II: Evolution des surfaces en eau et colonisées par la Jussie d'après les cartographies de 2014 à 2018 33

Tableau III: Légende des abrévations des espèces pour les relevés phytosociologiques 43

Annexes

Annexe 1 : Tableau des p-values concernant les différents tests statistiques des différentes expérimentations

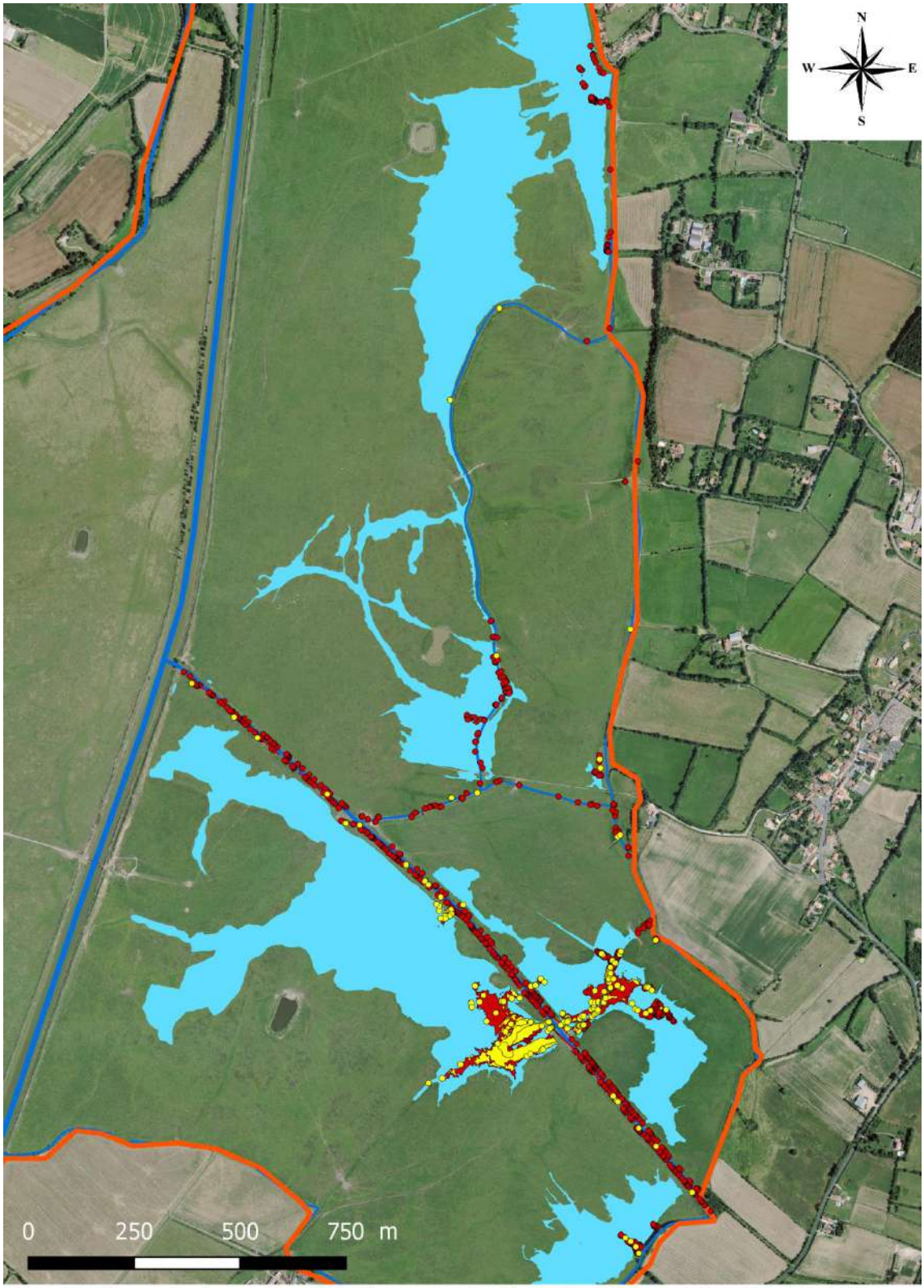
		P-value		
		Shapiro	Kruskal	Anova
Fauche, pâturage et sel court terme	Recouvrement	0,00000396	7,13571E-05	
	Hauteur	7,635E-10	3,25149E-05	
Sel court terme	Plants verts	3,28E-16	6,50E-11	
	Flétrissement	2,20E-16	2,53E-10	
	Chlorose	2,20E-16	5,91E-10	
	Brunissement	2,20E-16	5,81E-11	
	Mort	2,20E-16	1,37E-10	
Arrachage manuel court terme	Recouvrement	0,0005383	0,2934473	
	Hauteur	0,4027		0,585
âturage à fort chargement court term	Recouvrement	0,01882	0,3805941	
	Hauteur	0,00002668	1,40972E-05	
Arrachage manuel long terme	Recouvrement	0,00002152	0,001768136	
	Hauteur	0,4277		0,387486
Fauche et sel long terme	Recouvrement	4,508E-10	0,000267835	
	Hauteur	0,07866	0,001043352	0,000615
Méthodes mécanique long terme	Recouvrement	0,000002074	0,000707811	
	Hauteur	0,02046	0,001584138	
Pâturage et pâturage-sel long terme	Recouvrement	0,1051		0,97023
	Hauteur	0,1557	0,021471	0,019521
Sel long terme	Recouvrement	0,007483	0,00038856	
	Hauteur	0,02526	0,000279461	

Annexe 2 : Ensemble des relevés phytosociologiques

	Ba.1.1	Ba.2.1	Ba.3.1	Ba.4.1	Ba.5.1	Ba.6.1	Ba.7.1	Ba.8.1	Ba.9.1	Ba.10.1	Ba.11.1	Ba.12.1	Ba.1.2	Ba.2.2	Ba.3.2	Ba.4.2	Ba.5.2	Ba.6.2	Ba.7.2	Ba.8.2	Ba.9.2	Ba.10.2	Ba.11.2	Ba.12.2	Ba.4.3	Ba.5.3	Ba.6.3	Ba.10.3	Ba.11.3	Ba.12.3	Ba.13.3	Ba.14.3	Ba.15.3	Ba.16.3	Ba.17.3	Ba.4.4	Ba.5.4	Ba.6.4
Agrostis stollonifera	1	2	3	2	1	2	3	2	3	2	4	2	2	4	5	0	0	3	2	1	2	2	1	6	3	0	0	3	2	4	2	3	1	3	0	1	0	0
Alopecurus bulbosus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alopecurus geniculatus	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alysma lanceolatum	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alysma plantago aquatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apium inondatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atriplex astata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baldelia ranunculoïdes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Bellis perennis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bromus ramosus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Callitriche sp	4	0	0	0	0	3	1	2	0	3	0	3	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cardamia pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carex divisa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carex otrubae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centaurea sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerstium glomeratum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cirsium arvense	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draba verna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eleocharis palustris	3	3	3	3	1	2	1	1	2	1	3	3	0	3	3	3	2	2	3	3	3	1	3	3	1	1	3	1	2	3	4	2	4	3	1	1	2	1
Eleocharis uniglumis	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Elymus repens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festuca pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galium palustre	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glyceria fluitans	3	0	3	1	1	2	3	4	4	3	0	2	2	0	1	3	1	1	0	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	1	4	1	0	4	2	0	1	3
Gratiola officinalis	3	0	3	3	0	0	3	2	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	3	0	0	0	1	3	1	1	3	3	0	0	0	0	0
Holcus lanatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hordeum maritimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hordeum secalinum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypochaeris radicata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jacobaea aquatica	3	3	0	0	0	0	1	0	3	3	0	0	1	3	0	0	0	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0
Juncus acutiflorus	0	0	0	2	2	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	1	1	0	3	3	3	2	2	3	2	0	4	0	0
Juncus gerardii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leontodon hispidus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lolium perenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lotus tenuis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ludwigia grandiflora	0	0	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	2	2	1	3	1	1	2	0	1	0
Mentha pulegium	0	0	0	0	0	0	1	3	2	3	1	3	1	0	1	1	0	3	3	1	1	1	1	1	3	0	0	1	1	3	3	2	3	3	0	1	0	0
Myosotis palustre	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oenanthe fistulosa	0	2	4	3	0	0	2	3	3	0	3	3	0	2	1	1	0	0	3	4	4	0	3	3	1	0	0	2	2	3	0	0	0	0	3	0	0	0
Oenanthe silaifolia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paspalum distichum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Persicaria amphibia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantago coronopus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantago major	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Poa annua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poa trivalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polygonum amphibium	3	0	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	4	0	2	0	2	3	3	1	3	0
Ranunculus acris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranunculus aquatilis	5	0	0	0	0	3	3	3	2	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranunculus baudotii	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranunculus flammula	3	3	0	2	0	0	1	0	6	3	3	0	3	1	0	2	0	0	6	3	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0
Ranunculus ophioglossifolius	1	1	2	1	0	0	0	4	4	0	0	0	3	3	3	2	0	0	2	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranunculus peltatus	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranunculus repens	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
Ranunculus sardous	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ranunculus trichofilus	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rorripa amphibia	0	0	4	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Rumex conglomeratus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rumex crispus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rumex obtusifolius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rumex sanguineus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serastium dubium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifolium fragiferum	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	1	0	4	2	2	4	0	0	3	0	3	0	4	0	3	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Trifolium ornithopodioides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifolium pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifolium repens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifolium sp	3	6	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veronica scutellata	0	0	0	3	1	1	0	1	3	5	1	0	0	0	0	1	0	1	3	1	3	1	1	0	3	0	0	4	2	0	0	3	0	1	0	0	0	0

Ba.10.4	Ba.11.4	Ba.12.4	Ba.13.4	Ba.14.4	Ba.15.4	Ba.16.4	Ba.17.4	Be.1.1	Be.1.2	Be.2.1	Be.2.2	Be.3.1	Be.3.2	Be.4.1	Be.4.2	Be.5.1	Be.5.2	Be.6.1	Be.6.2	Be.7.1	Be.7.2	Be.8.1	Be.8.2	Be.9.1	Be.9.2	Be.10.1	Be.10.2	Be.10.3	Be.10.4	Be.11.1	Be.11.2	Be.11.3	Be.11.4	Be.12.1	Be.12.2	Be.12.3	Be.12.4
3	3	3	3	1	2	3	0	5	2	0	3	1	2	1	2	2	3	1	1	1	2	3	2	3	0	3	0	2	3	0	0	0	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	4	3	3	3	2	1	2	1	1	1	3	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	1	2	1	1	0	0	2	1	1	1	0	0	2	1	0	0	3	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3	1	1	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	3	0	1	1	2	3	3	3	1	2	3	3	1	3	1	3	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	5	3	3	0	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	3	1	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	3	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	2	3	4	2	3	2	1	1	3	3	3	1	2	1	3	1	2	2	2	3	0	0
1	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	1	2	3	0	0	3	3	0	0	0	3	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0
1	0	2	1	3	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	2	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	3	0	0	0	3	4	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	2	1	3	6	3	1	5	3	3	0	3	2	3	2	3	1	5	3	3	3	0	0
1	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	6	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	3	2	0	2	0	1	0	6	0	3	0	3	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	3	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	1	3	0	3	5	1	3	1	3	1	3	1	1	5	0	4	1	0	0	3	5	2	0	3	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	3	0	0	0	3	0	1	5	1	0	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	1	0	3	0	6	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3 : Evolution de la colonisation de la jussie entre 2014 et 2018 sur les communaux de Lairoux et Curzon



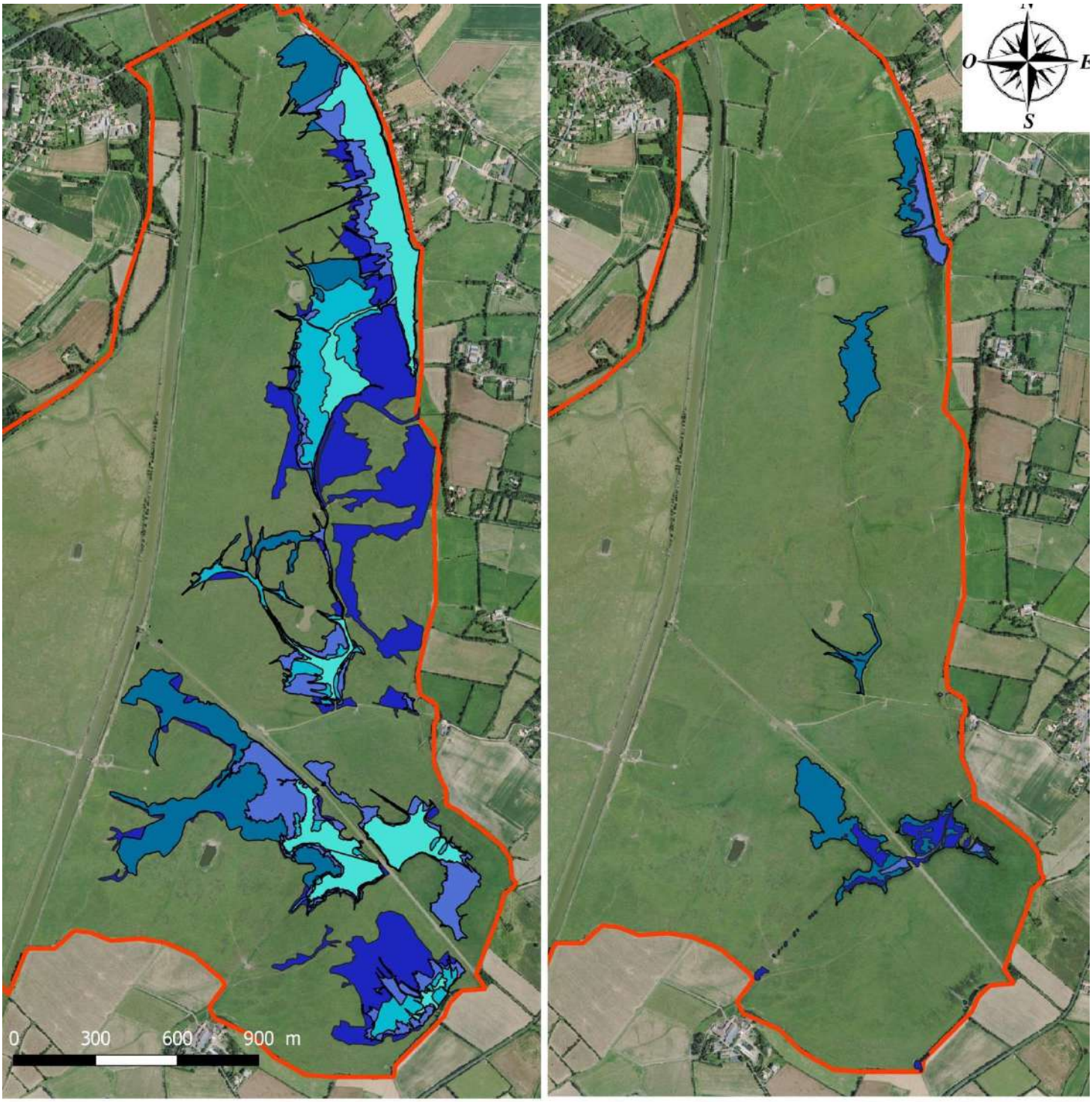
Evolution de la colonisation de la Jussie entre 2014 et 2018
Marais communal Lairoux-Curzon (85)

Limite du communal
Zone potentiellement inondable
Réseau hydrographique

En 2014 :
Zone remplie de Jussie
Pied isolé de Jussie

En 2018 :
Zone remplie de Jussie
Pied isolé de Jussie

Annexe 4 : Evolution des niveaux des baisses en avril et en juillet de 2014 à 2018



Baisses en eau en avril de 2014 à 2018 (gauche) et en juillet de 2016 à 2018 (droite) sur le Marais communal de Lairoux-Curzon

Légende

- Baisse 2014
- Baisse 2015
- Baissel 2016
- Baissel 2017
- Baisse 2018
- Limites du communal

Résumé

L'étude mise en place sur cinq ans sur les communaux de Lairoux et Curzon est menée afin de mieux connaître les effets des modes de gestion sur *Ludwigia grandiflora* et de pouvoir mettre en place un plan de gestion. Un suivi de la colonisation est mis en place grâce à des cartographies, ainsi que des expérimentations de gestion sur des parcelles de 4m² suivi par des relevés de végétation et, enfin, des relevés phytosociologiques afin de mieux comprendre la dynamique de *Ludwigia grandiflora* sur ce site. On a pu observer une augmentation des zones colonisées par *Ludwigia grandiflora* durant ces cinq années (+1.62ha de surface colonisée) et de mettre en avant les moyen de gestion que sont l'arrachage manuel, la mise en exclos des foyers de *Ludwigia grandiflora* suivie d'un pâturage à fort chargement, le décapage avec enfouissement et l'application de sel à une concentration de 500g/m². Le résultat des protocoles de phytosociologie montre que *Ludwigia grandiflora* n'est implantée que dans une association végétale sur ce site, le *Ranunculo ophioglossifolii - Oenanthetum fistulosae,* et qu'elle n'a pour l'instant pas d'effets important sur sa richesse spécifique. Un plan de gestion de *Ludwigia grandiflora* a donc été mis en place à partir de 2018 et fera l'étude d'un suivi dans les années futures.

Mots clés : espèce exotique envahissante, moyen de gestion, diversité floristique, prairies humides

The five-year study on the municipal marshes of Lairoux and Curzon is conducted in order to better understand the effects of management methods on *Ludwigia grandiflora* and to be able to settle a management plan. A follow-up of the colonization is performed thanks to mappings, as well as experiments of management on parcels of 4m² followed by vegetation relevés and, lastly, phytosociological relevés are made to better understand the dynamics of the *Ludwigia grandiflora* on this site . There has been an increase in areas colonized by *Ludwigia grandiflora* during these five years (+ 1.62 ha colonized surface) and put forward the means of management that is the manual removal, the setting out of hearth of *Ludwigia grandiflora* followed by an intensive grazing, stripping with burial and the application of salt at a concentration of 500g / m². The result of the phytosociology records shows that *Ludwigia grandiflora* is implanted only in a vegetal association on this site, *Ranunculo ophioglossifolii - Oenanthetum fistulosae,* and that it does not have any significant effects on it at the moment. A management plan for the *Ludwigia grandiflora* has been set up from 2018 and will be study by during next years.

Keywords : invasive species, management, floristic diversity, wet meadows.