AFPP – 2ème CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS, JARDINS, GAZONS, FORÊTS, ZONES AQUATIQUES ET AUTRES ZONES NON AGRICOLES

Angers – 28 et 29 octobre 2009

DISTRIBUTION DE LA JUSSIE AU SEIN D'UN MARAIS : CONSEQUENCES POUR LA GESTION

J. HAURY, J. COUDREUSE, M. BOZEC

UMR INRA-AGROCAMPUS OUEST 985 Ecologie et Santé des Ecosystèmes, 65 rue de Saint Brieuc, CS 84215, 35042 RENNES CEDEX, France, jacques.haury@agrocampus-ouest.fr ; julie.coudreuse@agrocampus-ouest.fr, michel.bozec@agrocampus-ouest.fr

RÉSUMÉ

La colonisation du marais de Gannedel par la jussie pose un problème de gestion, à la fois de la phragmitaie et des étangs où elle se trouve, mais aussi de définition des niveaux d'eau. Des études cartographiques de la répartition et de biomasse de la jussie dans les différentes formations végétales et les expérimentations d'évolution de la végétation sous contrainte d'aménagement orientent les préconisations de gestion en fonction de l'évolution constatée de la zone et des risques d'extension de la jussie.

Mots-clés : jussie – invasion biologique – gestion – roselière

SUMMARY

DISTRIBUTION OF WATER PRIMEROSE IN A MARSH: CONSEQUENCES FOR MANAGEMENT

Colonization of Gannedel Marsh by Water Primrose determines management constraints for reed vegetation and ponds, but also for the appropriate water levels. Distribution maps as well as biomass studies in different vegetation types have been undertaken altogether with experiments of vegetation changes following different management designs. Those studies lead to management advice depending on observed changes and risks of extending *Ludwigia.*

Key words: *Ludwigia* – biological invasion – management – reed

INTRODUCTION

L'invasion des marais de Redon par la Grande jussie, *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet (1987) *subsp. hexapetala* (Hook. & Arn.) Nesom & Kartesz date du milieu des années 1990 (Castagnos *et al.*, 2000). Elle est de plus en plus présente dans les marais et prairies, qu'elle colonise depuis les milieux aquatiques (Dutartre *et al.,* 2007).

Elle devient une contrainte majeure d'aménagement et de gestion de ces milieux, comme facteur de risque et comme élément de dégradation des écosystèmes.

Il s'agit présentement d'analyser la distribution de cette espèce dans le marais de Gannedel lors des années 2002 à 2005 (Boyer *et al.*, 2003 ; Sourisseau, 2008), et de montrer comment la présence de cette espèce obère la gestion envisagée de la zone. Puis, au vu des résultats des expérimentations menées de 2006 à présentement (Haury *et al.*, 2009) sur la roselière et des suivis de distribution en prairie comme en étang tourbeux, d'analyser la situation actuelle et les perspectives d'évolution générale de la zone par rapport aux possibilités d'aménagement.

Des éléments plus généraux sur la nécessaire prise en compte de l'hétérogénéité des colonisations par les invasives et les facteurs de risque concluent le propos.

MILIEU ET METHODES D'ETUDE

LE MARAIS DE GANNEDEL

Le marais de Gannedel, espace naturel sensible du Département d'Ille-et-Vilaine est inclus dans un grand site Natura 2000 (FR5300002) « Marais de Redon et de Vilaine » (fig. 1). Il correspond à une zone de confluence entre le Canut et une ancienne boucle de la Vilaine (la «Vieille » Vilaine). Zone humide complexe méso-eutrophe, il comprend notamment les milieux plus spécifiquement étudiés : 2 étangs (« nord » et « sud »), une grande roselière à *Phragmites australis* et une « Grande Prairie » exploitée par fauche et pâturage. L'évolution récente de cette zone (Clément & Touffet, 1987) montre un net atterrissement : les deux étangs du site sont devenus en quelques années des marais désormais totalement recouverts par la jussie (*Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*), et les surfaces en roselière ont régressé, tandis qu'on observe une progression des saules et de la Grande Glycérie (*Glyceria maxima*).

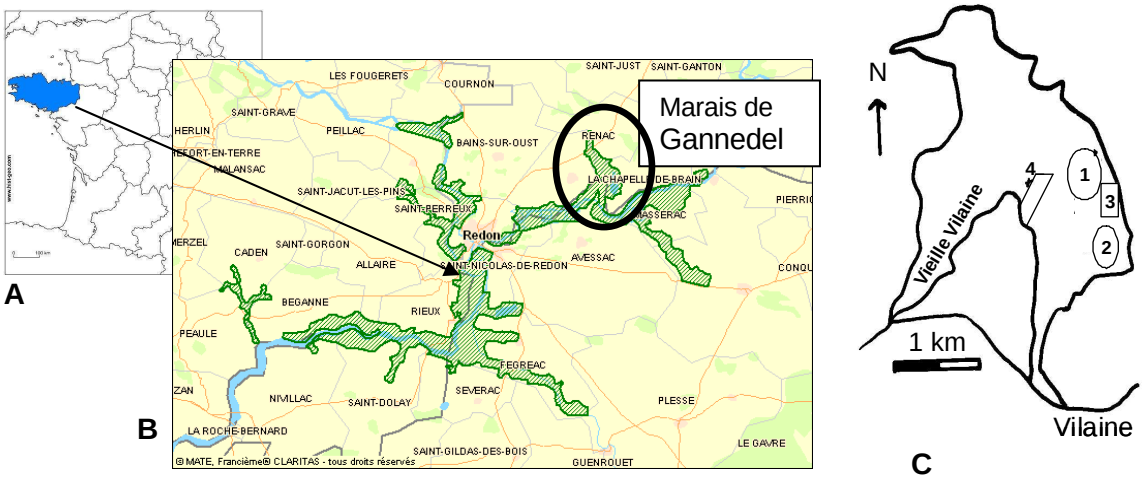

Figure 1 : Zone d'étude : A : Bretagne ; B : Site Natura 2000 des Marais de Vilaine et Marais de Gannedel ; C : Marais de Gannedel (1 : Etang Nord ; 2 : Etang Sud ; 3 : Roselière et zones expérimentales A à D ; 4 : Grande Prairie et zone expérimentale E)

Un projet de réhabilitation de la zone supposait le curage, voire le recreusement des 2 étangs de la zone et du réseau de fossés avec la construction d'une digue destinée à retarder l'évacuation printanière de l'eau, un rajeunissement de la roselière par fauche, ainsi que l'augmentation du niveau d'eau grâce à une digue, cette dernière opération visant à restaurer une fonction de frayère à brochet pour la zone (Stucky 2002 ; Saunier Technica & Ouest Aménagement, 2003 in Boyer *et al.*, 2003). En raison des risques de prolifération de jussie si on

augmentait le niveau d'eau et retardait son évacuation, il a été décidé d'expérimenter l'efficacité de la fauche de la roselière, ainsi que les risques d'expansion de cette invasive sur les différentes formations végétales y compris prairiales.

METHODES D'ETUDE

Deux séries de méthodes d'étude visaient à répondre aux deux séries de questions :

- quelle est la distribution de la jussie et sa production en phase active de colonisation en fonction des formations végétales ? (Boyer *et al.*, 2003) ;
- quels sont les risques de progression de cette espèce en fonction d'une augmentation envisagée des niveaux d'eau, d'une fauche de la roselière et d'une gestion d'une prairie ? (Haury *et al.*, 2009).

Pour les premières, à partir de cartographies réalisées par prospection à pied en 2002, un échantillonnage sur 20 quadrats de 0,25 m² dans les différentes formations végétales colonisées par la jussie a été réalisé en 2003 pour comprendre la distribution de cette dernière (fig. 2A) soit au total 324 quadrats, les données de recouvrement étant ultérieurement traitées par une Analyse en Composantes Principales (ACP). Ultérieurement une quantification des biomasses de jussie sur 5 quadrats par zone a été réalisée. Enfin, des analyses par télédétection sur des images SPOT 5 ont permis de suivre l'importance de la colonisation dans les étangs entre 2003 et 2005 (Sourisseau, 2008).

Pour les secondes, des aménagements expérimentaux ont été réalisés sur 5 zones (A à E) de la phragmitaie : fauche (supposée « rajeunir » la roselière) et étrépage (décapage de la litière sur une épaisseur de 15 à 20 cm, pour favoriser le roseau à enracinement plus profond par rapport à la grande glycérie), avec relevés de végétation (recouvrement et hauteur spécifiques) sur des placettes de 4 m² avant aménagement (en vérifiant l'absence de jussie), à l'automne suivant l'aménagement, puis une fois par an pendant les 2 années suivantes : 10 placettes en secteur témoin, non fauché et non étrépé, 15 placettes en secteur seulement fauché, 5 placettes en secteur fauché et étrépé ; toutefois ultérieurement, l'une des zones expérimentales (E) a dû être abandonnée. Par ailleurs, des suivis de la végétation sur la Grande Prairie ont été réalisés sur des transects (2006-2009) pour analyser les répartitions relatives du roseau, de la grande glycérie et la présence éventuelle de jussie, une délimitation de la roselière et un positionnement des transects au GPS ont été réalisés. Enfin, un suivi floristique de 3 transects sur l'Etang Sud a permis d'analyser l'importance de la jussie sur la zone et d'étudier les contacts avec la roselière.

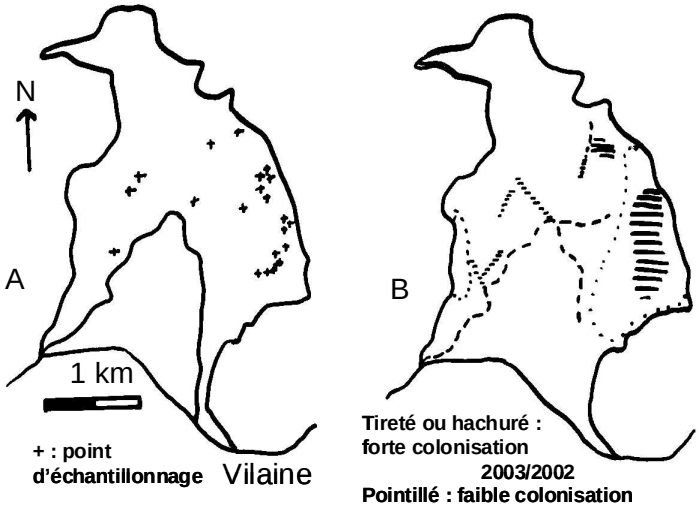

Figure 2 : Plan d'échantillonnage (A) et progression de la colonisation par la jussie entre 2002 et 2003 figurée par des tiretés et hachurés d'autant plus épais et continus que la progression a été sensible (B).

RESULTATS

EXTENSION DES COLONISATIONS DE JUSSIE ET FORMATIONS VEGETALES

En 2002, 6,37 ha du marais de Gannedel étaient colonisés par la jussie sous forme d'herbiers et 6,19 ha sous forme de pieds isolés (Comité des Marais et Rivières des Pays de Vilaine 2002 in Boyer *et al.*, 2003 ; Saunier Technica & Ouest Aménagement, 2003 in Boyer *et al.*, 2003). La reprise de la cartographie en 2003 (fig. 2B) a fait apparaître un accroissement de la colonisation dans les fossés et la zone comprise entre les deux étangs, montrant une dynamique importante de colonisation. La taille des zones à faible densité a également augmenté. Par ailleurs les recouvrements de jussie analysés par télédétection ont considérablement augmenté de 2003 à 2005 : colonisation totale de l'étang nord, et de l'essentiel de l'Etang Sud, alors qu'en 2003, dans ce dernier étang, on était à moins de 20 % de recouvrement de jussie (Sourisseau, 2008).
Dans les différentes formations végétales échantillonnées, les densités de jussie sont très variables : absence dans certaines zones à phragmite et grande glycérie, forte colonisation dans les dépressions et certains fossés (fig. 3)

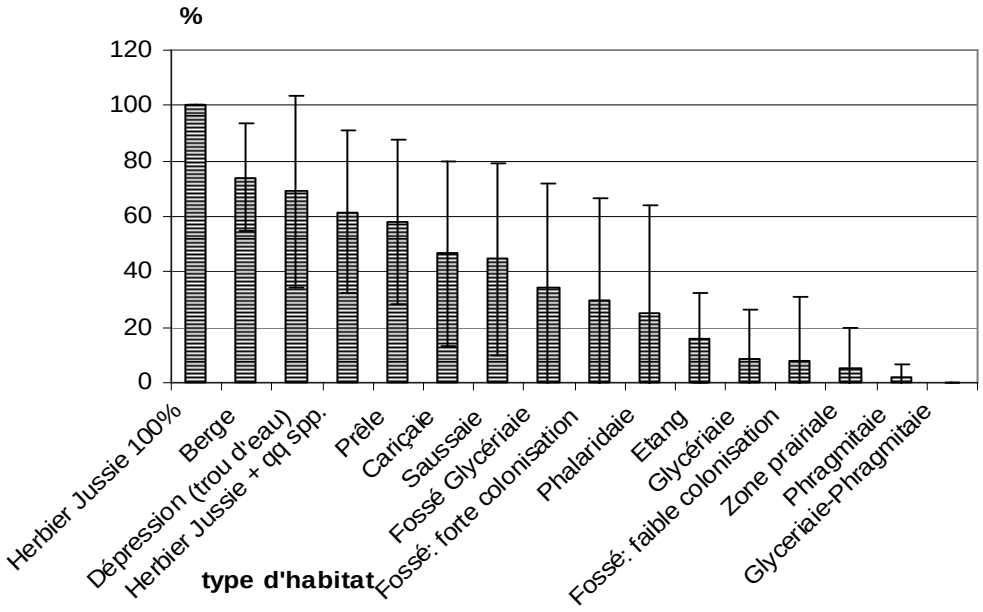

Figure 3 : Pourcentages de recouvrement de jussie dans différents types d'habitats (formations végétales) : moyenne et écart-type de 20 quadrats de 0,25 m² par habitat

La forte variabilité des densités en jussie semble à relier aux recouvrements des autres espèces également très variables (fig. 4) allant de 0 % (herbier pur de jussie) à une couverture totale ou quasi-totale, pour les grands hélophytes notamment. La richesse spécifique moyenne des autres macrophytes est également très variable allant de 0 à près de 6 espèces toujours pour les grands hélophytes (fig. 5).

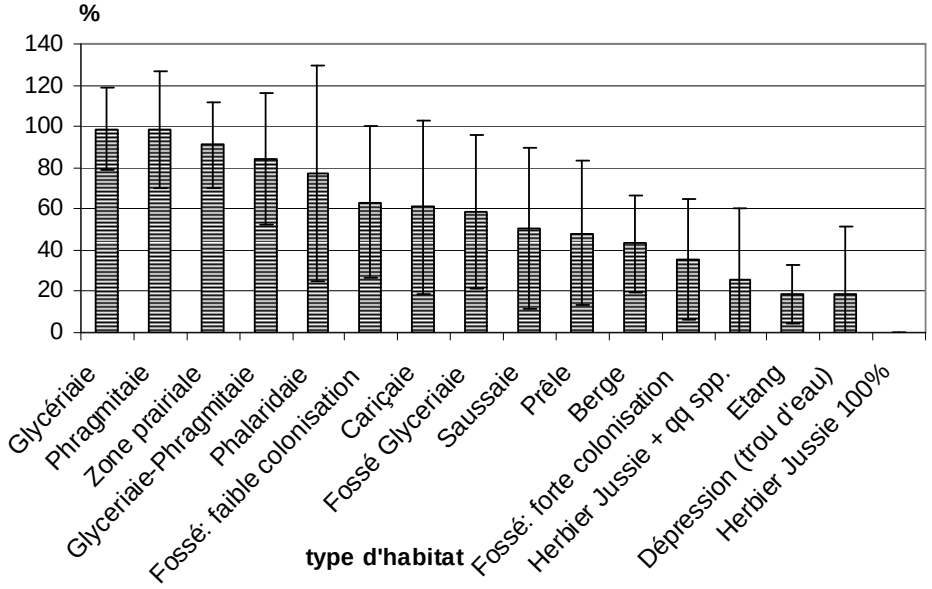

Figure 4 : Pourcentages de recouvrement des autres espèces de macrophytes dans différents types d'habitats (formations végétales) : moyenne et écart-type de 20 quadrats de 0,25 m² par habitat.

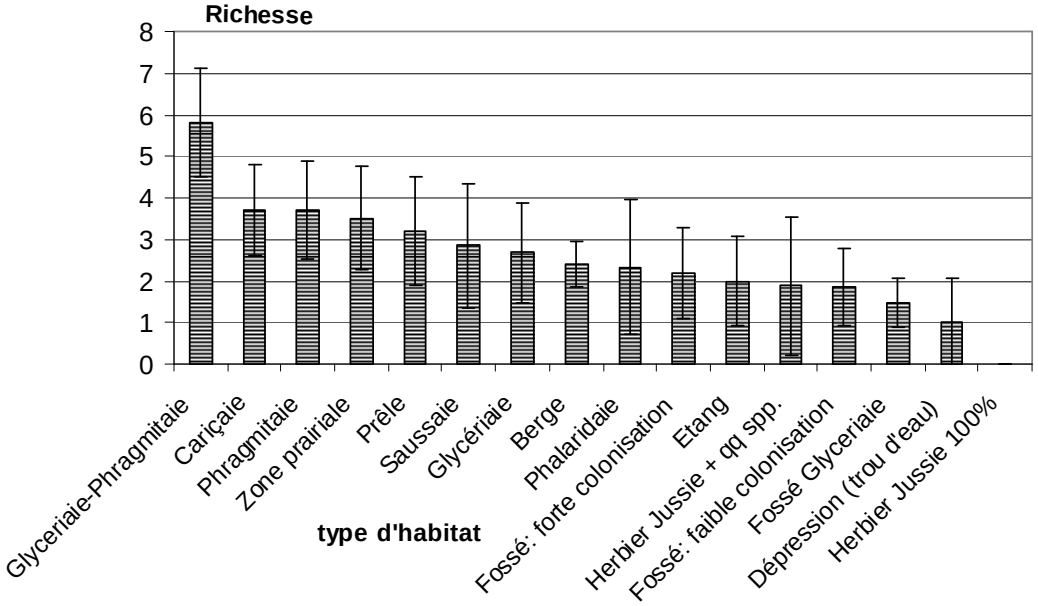

Figure 5 : Nombre d'autres espèces de macrophytes dans différents habitats (formations végétales) : moyenne et écart-type de 20 quadrats de 0,25 m² par habitat.

Une analyse détaillée des peuplements par type d'habitat permet de préciser les modalités de colonisation de la jussie en 2003 (N.B. : *L'évolution actuelle de ces zones est précisée en italiques).*

L'Etang Sud recèle 9 espèces. La jussie y est majoritaire mais non dominante : moyenne de recouvrement de 16% (entre 0 et 32%). Elle est associée à *Nuphar lutea*, *Egeria densa*, *Oenanthe aquatica*, *Equisetum limosum* et *Riccia fluitans*. Cet habitat est un des plus humides, il est aussi plus profond, ce qui semble alors défavoriser la jussie face à d'autres espèces plus adaptées à ces conditions. *Désormais cet habitat est totalement colonisé*.

Sur le fossé à faible colonisation, 14 espèces sont présentes. *Glyceria maxima* est majoritaire avec un recouvrement moyen de 30% mais une très forte variabilité (0 à 68%). On y trouve ensuite *Phalaris arundinacea* (recouvrement moyen de15%, variant de 0 à 42%), puis la jussie et *Agrostis stolonifera*, avec un recouvrement moyen de 8%. La colonisation de cet habitat est soit très récente, soit la compétition entre les espèces limite la prolifération de la jussie. *La colonisation est désormais complète, avec maintien localement de la jussie. Un curage (2009) a diminué temporairement la densité végétale.*
Sur le fossé à forte colonisation, 14 espèces sont aussi présentes, à peu près les mêmes que dans le fossé à faible colonisation. Les taux de recouvrement moyen de la jussie et de *G. maxima* sont toutefois inversés. Le recouvrement d'*A. stolonifera* est identique, celui de *P. arundinacea* est largement plus faible que dans le fossé à faible colonisation. Il semblerait donc que l'expansion de la jussie se soit faite principalement au détriment de *P. arundinacea* et de *G. maxima*, mais aussi de *Phragmites australis* et de *Polygonum hydropiper* qui n'apparaissent pas ici, alors qu'ils sont présents dans les fossés à faible colonisation. *L'évolution est comparable à celle du fossé précédent.*
Dans la Cariçaie à *Carex pseudocyperus*, 14 espèces sont observées. La jussie est dominante avec un recouvrement moyen de 50% mais avec une forte variabilité (de 10 à 80%). Elle est associée principalement avec *Lycopus europaeus* (moyenne de 20%), *Lysimachia vulgaris* (15%) et *Agrostis canina* (10%). *C. pseudo-cyperus* et *E. limosum* ont des moyennes faibles mais de fortes variabilités (respectivement entre 0-30% et entre 0-25%). Cet habitat est donc favorable à l'expansion de la jussie. Si on ne peut pas conclure sur sa dynamique d'expansion avec ces seules données, les observations ultérieures confirment ce caractère favorable, l'hétérogénéité structurale expliquant également la forte richesse spécifique.
Dans la zone de berge de l'Etang Sud, seules 4 espèces sont présentes. La jussie est très dominante avec une moyenne de 75% (variation de 55 à 95%). Elle y est associée avec des espèces de milieux très humides : *E. limosum*, *N. lutea*, *O. aquatica*. Ce milieu est favorable au développement de la jussie, et semble colonisé depuis plus longtemps que la cariçaie, ce qui explique sa plus forte expansion. *La colonisation qui a commencé par les bordures de l'étang concerne désormais tous les biotopes avec une faible profondeur d'eau.*
Le profil de colonisation d'une dépression (trou d'eau assimilable à des ornières) est assez semblable à celui de la cariçaie. La jussie y est présente avec un taux de recouvrement moyen supérieur (70%, avec des variations de 30 à 100%). Elle est cette fois plutôt associée à *G. maxima*, *P. arundinacea* et *P. hydropiper,* mais avec des taux de recouvrement maximum de 10%. De la même façon que pour la cariçaie avec laquelle il forme des mosaïques, cet habitat est très favorable au développement de la jussie.
Dans la glycériaie, *G. maxima* est largement dominante (moyenne de 75%, variation entre 50 et 100%), mais 12 autres espèces sont présentes dont la jussie au deuxième rang des recouvrements avec un recouvrement moyen d'environ 10%. La jussie a donc réussi à s'implanter dans cet habitat malgré l'importante couverture de *G. maxima. La colonisation de cet habitat dépend de l'importance des niveaux d'eau, de la proximité de zones sources et de l'ouverture du tapis végétal. Les populations y restent de peu d'importance et disséminées.*
Dans un herbier encore diversifié de jussie, malgré sa dominance (recouvrement moyen de 60% variant de 30 à 90%), 18 autres espèces ont réussi à se maintenir, mais avec un recouvrement inférieur ou égal à 10%. *Cet habitat a effectivement évolué vers un herbier de 100% de jussie.*
En conclusion, les fossés, les dépressions et berges des plans d'eau sont très favorables. La jussie qui en 2003 se développait fortement dans les étangs et la cariçaie a totalement colonisé ces habitats. Seule la glycériaie semble pouvoir résister à la colonisation de la jussie. Pour la phragmitaie et la phalaridaie, sous échantillonnées en 2003, les résultats sont intermédiaires entre la cariçaie et la glycériaie.

L'étude des recouvrements spécifiques observés sur les 324 quadrats avec 55 taxons en sus de la jussie met en évidence (fig. 6) la colonisation préférentielle (mais non encore achevée) des étangs à nénuphar par la jussie, la faible pénétration de la glycériaie et de la phalaridaie, ainsi que l'indépendance entre carex et jussie … et l'effet négatif de la jussie sur la richesse

spécifique et le recouvrement des autres macrophytes. Il en ressort également une forte diversité également de la cariçaie,

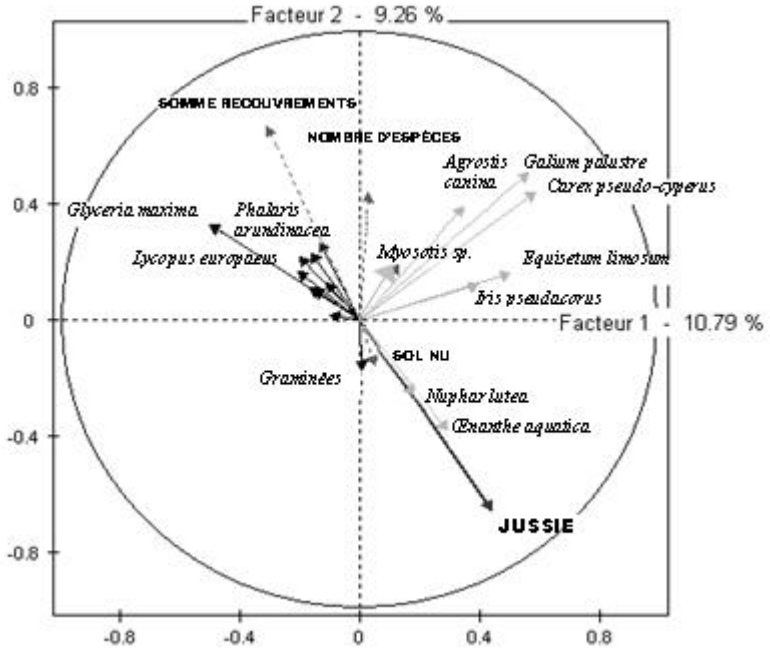

Figure 6 Typologie de la végétation et déterminisme de la distribution de jussie dans le Marais de Gannedel analysé par Analyse en Composantes Principales (324 quadrats de 0,25 m²). La somme des recouvrements comme le nombre d'espèces ne concernent que les autres espèces que la jussie.

BIOMASSES DE JUSSIE

Les biomasses de jussie récoltées en 2003 permettent de quantifier les phénomènes analysés par l'étude floristique et par celle des recouvrements sur 102 quadrats (dans la mesure du possible 5 quadrats de 0,25 m² par zone) (fig. 7).

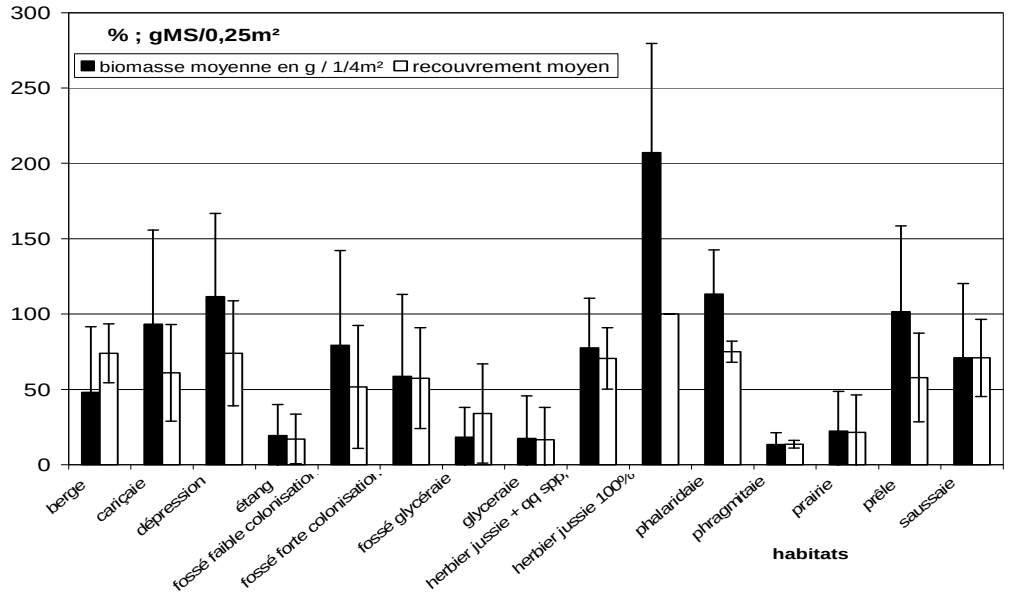

Figure 7 : Répartition des biomasses épigées (grammes de matières sèches par ¼ m²) et des recouvrements de jussie dans les différents habitats colonisés – moyennes et écart-types

Les écart-types sont très grands et on n'observe que des tendances : seule la biomasse de l'herbier 100% de jussie semble être significativement plus forte que le reste.

Pour le développement suivant, on raisonnera dans l'unité habituelle de grammes de matière sèche par m² (gMS/m²). Les zones où les recouvrements et/ou les biomasses de jussie ont les plus fortes valeurs sont :

- les herbiers à 100% de jussie : recouvrement 100%, biomasse 830 gMS/m²
- les phalaridaies : recouvrement 75%, biomasse 450 gMS/m²
- les dépressions en eau : recouvrement 74%, biomasse 446 gMS/m²
- les zones à prêle : recouvrement 58%, biomasse 406 gMS/m².

A l'inverse, les plus faibles valeurs sont observées pour des zones comme :

- les phragmitaies : recouvrement 14%, biomasse 54 gMS/m²
- les étangs : recouvrement 17%, biomasse 77 gMS/m²
- les glycéraies : recouvrement 17%, biomasse 70 gMS/m²
- les prairies : recouvrement 22%, biomasse 90 gMS/m²

Certaines zones sont caractérisées par un recouvrement important mais une biomasse assez faible, c'est le cas des berges (recouvrement 74%, biomasse 192 gMS/m²), en effet dans ces zones de transition les formes dressées sont relativement réduites, on observe plutôt une colonisation à l'horizontale.
La biomasse épigée de la jussie reste relativement modeste même sur les zones où les valeurs sont les plus fortes 830 gMS/m², par rapport aux valeurs maximales trouvées dans la bibliographie : aux alentours de 2 kg MS/m² (mais qui incluent aussi les biomasses hypogées – Matrat *et al.*, 2006, Lambert 2009) et parfois beaucoup plus.

Les résultats d'une ACP réalisée sur les données de biomasse épigées de jussie et des recouvrements de toutes les espèces de macrophytes dans les quadrats récoltés corroborent les résultats obtenus sur les seuls recouvrements.

Pour quatre types d'habitats, tous les végétaux ont été récoltés sur 5 quadrats.
Sur la zone de berge de l'Etang Sud, la végétation ne comprend que 4 espèces. La jussie est largement prédominante en recouvrement (74%) et semble l'être (mais de façon non significative en biomasse (192gMS/m²). Elle est suivie par le nénuphar qui possède une biomasse assez élevée (81gMS/m²) mais un faible recouvrement (5%) et par l'oenanthe qui, inversement, présente une faible biomasse (17gMS/m²) et un recouvrement plus important (22%), ceci peut s'expliquer par la morphologie des plantes : le nénuphar possède un appareil végétatif dense, alors que l'oenanthe est une plante plus grêle. (fig. 8).

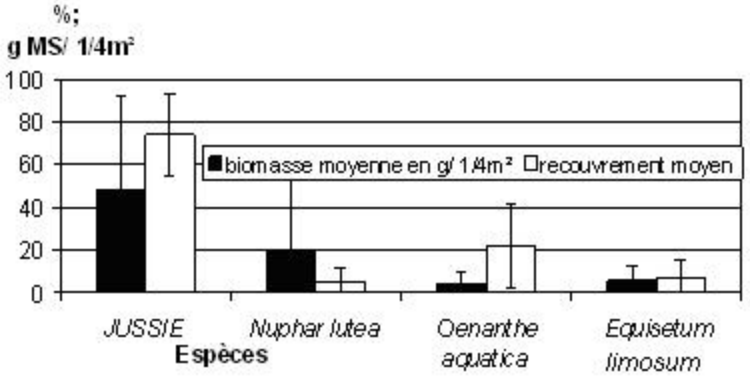

Figure 8 : Biomasses et recouvrements (moyennes et écarts-types) des berges de l'Etang Sud.

Dans les parcelles prélevées dans l'étang, la jussie domine par son recouvrement (18% pour 72 gMS/m²) mais le nénuphar par sa biomasse (230 g MS/m² pour un recouvrement de 4 %). Les autres espèces sont peu présentes.
Dans les herbiers à jussie recouvrante à 100% ; la biomasse épigée est de 830 gMS/m². Les autres espèces sont étouffées.
La jussie prédomine dans les formations à Prêle aussi bien en recouvrement (58%) qu'en biomasse (406 gMS/m²), elle est suivie par la Prêle (recouvrement 24%, biomasse 214 gMS/m²) et le Nénuphar (recouvrement 6%, biomasse 247 gMS/m²).

Dans l'ensemble, et pour cette étude 2003, le recouvrement et la biomasse paraissent corrélés, même si on observe quelques exceptions, ces deux facteurs sont principalement liés au milieu colonisé et aux contraintes environnementales qui s'appliquent sur la jussie : stress vis à vis de la lumière lors de la compétition avec les hélophytes (hormis pour la phalaridaie qui correspond souvent à des milieux perturbés), humidité trop faible dans les prairies, trop d'eau dans le centre des étangs (en début de colonisation). Désormais, l'effet négatif de la profondeur d'eau n'est plus sensible, suite à la stabilisation à un faible niveau des eaux pendant plusieurs années, malgré une submersion durable. Enfin, compte tenu des dates d'introduction dans les différents milieux, cette étude 2003 se situait en phase active de colonisation par la jussie, mais aussi de restructuration du tapis végétal compte tenu de l'arrivée de cette invasive.

ELEMENTS SUR LA GESTION DE LA ROSELIERE

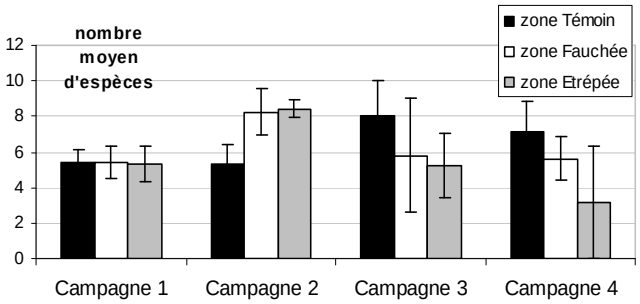

Figure 9 : Richesse spécifique dans la roselière (unités de 4m²) selon les campagnes (1 : avant aménagement, 2 : après aménagement, 3 : un an après, 4 : 2 ans après) et les aménagements – moyennes et écarts-types.

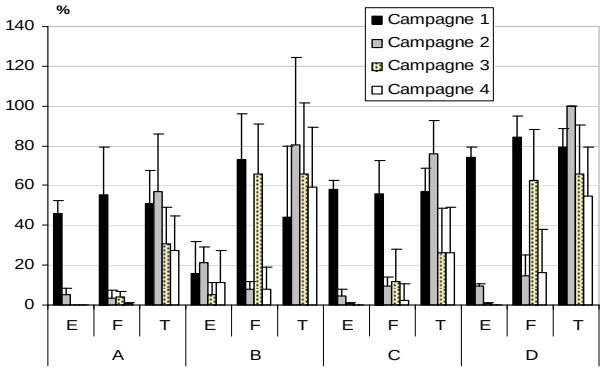

Figure 10 : Evolution des pourcentages de recouvrement du phragmite de 2006 à 2008 (moyennes et écarts-types), selon les aménagements (T : témoin, F : fauché, E : étrépé) dans les 4 zones d'étude (A, B, C et D).

La richesse spécifique dans la roselière ne varie pas de manière significative selon les modalités expérimentales de gestion, mais a tendance à diminuer au gré des campagnes en fonction de l'intensité des aménagements (fig. 9).

La figure 10 montre l'effet négatif de la fauche et surtout de l'étrépage sur le Phragmite. Si lors de la campagne 3, une certaine récupération a été observée (mêmes résultats T/F en campagne 3 sur B et D et même plus en campagne 1 en B), ces résultats ne sont pas confirmés lors de la campagne 4 qui a été effectuée plus précocement, et avec une submersion durable des placettes

Par ailleurs, dans ces zones fauchées, voire étrépées, de nombreux pieds de jussie se sont implantés, à la fois dans les chemins d'accès, mais aussi en limite des roselières non aménagées qui jouent alors un rôle de « filtre à boutures ».

ORGANISATION VEGETALE ET DISTRIBUTION DE LA JUSSIE DANS LA GRANDE PRAIRIE

L'organisation végétale dans la Grande Prairie correspond essentiellement à 6 formations : (i) ensembles mésophiles de talus, (ii) zone piétinée humide à agrostide stolonifère et vulpin Genouillé, (iii) phalaridaie, (iv) grande glycériaie, (v) phragmitaie plus ou moins colonisée par des saules et la grande glycérie, et (vi) douves et ornières à oenanthe aquatique notamment, ces dernières étant présentes au sein des 2 formations précédentes. Un gradient décroissant de dégradation par piétinement existe depuis l'entrée de la prairie vers le fond, jamais pâturé. En 2008, la jussie était présente sur l'entrée du champ et essentiellement sur les transects proches de l'entrée du champ (7 occurrences sur 2 transects), avec une occurrence sur un transect vers le fond de la parcelle. En 2009, les zones colonisées étaient identiques,

mais elle était un peu moins présente sur l'entrée du champ suite à l'abandon du pâturage intensif pratiqué antérieurement (2 occurrences sur 1 transect dans l'entrée, 1 occurrence sur 1 transect vers le fond), mais un total d'une dizaine de populations localisées dans des ornières a été repéré en 2009. Il en résulte que la progression de cette invasive est encore très active.
Dans l'ancienne zone E (uniquement fauchée, avec un arrachage localisé des saules), neuf petites colonies de jussie ont été dénombrées en 2009, alors que cette zone était indemne de jussie en 2006, démontrant l'influence de l'ouverture du tapis végétal pour l'installation des boutures.

LA JUSSIE DANS LES ETANGS

Les zones de colonisation maximales de la jussie sont les douves et les étangs. En 2003, dans l'Etang Sud, la colonisation en était à ses débuts (16 % de recouvrement en moyenne variant de 0 à 32 % - Boyer *et al*., 2003), alors que l'Etang Nord était complètement colonisé. En 2005, la colonisation de l'Etang Sud était quasiment effectuée aux ¾, alors qu'actuellement, elle est complète (Sourisseau, 2008), comme en témoignent les transects placés sur la zone (présence de jussie dans chaque observation, avec des recouvrements dépassant en général 90 %).
Toutefois, il n'y a pas eu disparition complète des autres espèces sur l'Etang Sud, puisque dans les 3 transects qui y sont effectués, on retrouve encore 25 espèces en 2009 pour 36 en 2008. L'organisation végétale (hors zones à prêles) y est la suivante : roselière plus ou moins pénétrée par la grande glycérie et la jussie ; zone de transition à grande glycérie, jussie et roseau ; zone à jussie basse, oenanthe aquatique et grenouillette ; cariçaie à *C. pseudo-cyperus* et jussie, éventuellement pénétrée par l'iris faux-acore ; puis zone centrale à jussie, grenouillette et surtout nénuphar jaune. *Désormais la jussie est pratiquement aussi abondante dans chacune de ces formations, hormis dans la cariçaie.*

DISCUSSION

EVOLUTION DE LA VEGETATION AUTOCHTONE

L'atterrissement observé depuis une vingtaine d'année (Clément et Haury, 2007) est corroboré par le suivi effectué depuis 2003 sur le marais : baisse des niveaux d'eau dans les étangs, même si la submersion reste relativement tardive sur la roselière, forte colonisation par la jussie des deux étangs, comblement partiel des fossés. L'expérimentation sur le « rajeunissement » de la roselière a démontré la faible capacité de régénération du Roseau dans le contexte hydro-pédologique actuel, et la piste qui est envisagée pour le maintien d'étendues conséquentes de roselières est la possibilité de colonisation des deux étangs en voie d'atterrissement. On peut toutefois s'interroger sur les possibilités d'extension du Roseau dans la zone très anoxique créée par le tapis flottant de jussie sous lequel s'effectuent des fermentations importantes.

DETERMINISME DE DISTRIBUTION DE LA JUSSIE DANS LE MARAIS ET FACTEURS DE RISQUE

Les patrons de colonisation ainsi que le déterminisme de la localisation des zones les plus contaminées font ressortir à la fois la contiguïté hydraulique des fossés, la submersion et l'importance des zones sources de boutures. Il est à noter qu'on n'a pas actuellement une vision de l'hydraulique réelle du marais et qu'aucun suivi des niveaux d'eau n'est réalisé sur les différentes entités du marais.
La forte progression de la jussie entre les différentes années d'observation, de 2002 à 2009 montre que cette invasion biologique est une contrainte majeure d'évolution de la zone.

FACTEURS DE RISQUE

En l'absence de reproduction sexuée avérée, il est pertinent d'envisager deux facteurs de risque complémentaires quant à la jussie : l'arrivée de boutures et leur implantation.
- Pour les premières, il faut qu'il y ait à la fois apport soit passif (par l'inondation en général), soit parfois actif (par les transports par les ragondins - observé -, sans compter la dissémination par la consommation très partielle des tiges sectionnées), et possibilité de dépôt, ce qui suppose

des obstacles au déplacement. Les « pièges à bouture » sont les zones de retrait des eaux ou les grands hélophytes.
- Pour les secondes, il faut soit qu'il y ait une ouverture du tapis végétal et une humidité suffisante pour que la production de racines permette la survie de la bouture, soit, phénomène assez fréquemment observé, que les boutures s'implantent sur une couche flottante de vases restant très humides.

CONSEQUENCES SUR LA GESTION DE LA ZONE

A l'évidence, la gestion de la zone ne peut omettre les risques liés à cette invasion biologique, d'autant que l'évolution globale de la zone vers l'atterrissement est inéluctable (Clément et Haury, 2007). On peut toutefois limiter son extension avec les préconisations suivantes issues des observations et expérimentations menées sur le site :
- Eviter l'atteinte des formations végétales préexistantes, avec une ouverture du tapis végétal. Ainsi, comme supposé, le « rajeunissement » de la roselière a un net effet négatif, la recolonisation végétale étant très tardive, et l'implantation de nombreuses boutures de jussie ayant été observée tant dans les secteurs fauchés ou étrépés, mais aussi dans les ornières causées par des travaux de fauche en conditions humides ou pour déterminer un accès aux parcelles expérimentales.
- Réduire les échanges hydrauliques entre zones autant que possible, les fossés étant des voies préférentielles de colonisation, ce qui supposerait d'installer des grilles limitant les déplacements des boutures. Compte tenu de la faible colonisation des formations à grands hélophytes, ceux-ci sont à préserver et leur rôle de « filtres à boutures » à prendre en considération avant tout aménagement.
- Le maintien d'une submersion tardive dans cette zone à forte tendance anoxique est un facteur défavorable au développement du roseau et semble, de plus, favoriser la jussie qui peut alors gagner des zones qui seront exondées dès l'été, y formant des populations sources de boutures ultérieures. La fonction de frayère à brochet qui était envisagée ne peut donc être appliquée sans prise en compte de ce facteur de risque, et il faudrait pouvoir isoler des zones indemnes de jussie (raisonner en « casiers hydrauliques » comme prévu dans le SAGE Vilaine pour les marais de Redon et le Document d'Objectif – Institution d'Aménagement de la Vilaine 2003 et 2007) et/ou bien prévoir l'arrachage des nouveaux pieds sur des zones qui resteraient relativement tardivement en eau.

DES ETUDES DE FONCTIONNEMENT A POURSUIVRE

Pour comprendre le fonctionnement de la zone, il serait nécessaire de mieux comprendre son hydraulique. Cela passe par un suivi des niveaux d'eau dans certains endroits stratégiques : fossés, mares, étangs, Vieille Vilaine, Canut, avec l'établissement d'une chronique des changements hydrauliques, et, si possible une cartographie des circulations d'eau. Un lever topographique détaillé serait à entreprendre avec un semis de points réparti sur l'ensemble du marais.
Il faut aussi envisager une extension des zones d'étude à l'ensemble du marais. En effet, l'analyse concerne essentiellement les zones plus ou moins intensément colonisées. Cependant, certains habitats qui étaient indemnes au début de l'étude se sont avérés colonisés ces dernières années. L'extension de la zone d'étude aux autres zones du marais permettra d'y vérifier l'absence de jussie et comprendre pourquoi elle n'y est pas installée, alors qu'en période d'inondation une continuité hydraulique est établie.
Compte tenu de la colonisation très inégale selon les formations végétales, une approche complémentaire des facteurs de risque correspond à la cartographie actualisée de la végétation, mais aussi de sa structure et de la présence de zones d'ornières.
Pour l'extension de la roselière, trois actions de suivi ou d'aménagement sont envisagées : un suivi des limites d'extension du roseau sur la Grande Prairie à la faveur d'une mise en défens, également un suivi de l'évolution de la roselière sur l'Etang Sud par l'analyse de micro-transects et la cartographie annuelle des limites maximales d'extension du roseau, et des arrachages de saules dans la glycériaie et la phragmitaie de plus hauts niveaux topographiques pour voir quels sont les végétaux qui recolonisent (en débutant par quelques expérimentations pour vérifier que ce n'est pas essentiellement la jussie qui y trouve des biotopes particulièrement favorables).

CONCLUSION

Au sein de ce site, la colonisation par la jussie (mais aussi d'autres invasives comme *Lemna minuta, Egeria densa, Elodea nuttallii, Azolla filiculoides*) est encore très hétérogène.
L'absence d'actions pour limiter les extensions autant que possible, pour collecter les boutures nouvellement arrivées (sur prairies ou dans les fossés que l'on vient de curer), la méconnaissance des niveaux et des chemins de l'eau, dans le contexte d'impossibilité de prévoir les inondations et évacuations des eaux apparaissent comme des limites de gestion de cette zone.
Cette invasion biologique obère complètement le plan d'aménagement initialement prévu, car elle apparaît comme une contrainte majeure, rendant impossibles certains aménagements visant à redonner un caractère plus aquatique au marais, comme beaucoup de riverains le souhaiteraient.
Il faut donc envisager la gestion de ce marais complexe en termes de choix de gestion en fonction des risques de diffusion de la jussie, en regard des objectifs du gestionnaire du site « Espace Naturel Sensible », mais aussi des autres gestionnaires de l'entité hydraulique, notamment les agriculteurs qui voient la progression de la jussie dans les douves, l'aval du Canut, mais aussi dans les prairies où elle apparaît comme un facteur de dépréciation du foin récolté.
De façon générale, l'hétérogénéité des distributions et donc la cartographie de la végétation, et l'estimation des risques sont des éléments majeurs pour la gestion des zones humides soumises à une invasion biologique.
Enfin, il serait utile d'estimer les dommages dus à la jussie dans le marais, pour trouver un niveau de gestion compatible avec les enjeux et moyens disponibles, dans le cadre de l'entité territoriale plus large que sont les marais de Vilaine

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine et spécialement Jean-François Lebas pour le partenariat et le financement partiel des travaux de recherche, ainsi que les étudiants et stagiaires qui ont participé à la récolte et au traitement des données.

BIBLIOGRAPHIE

Boyer C., Dupaix A., Joly J.-J., Maurer N., Soucemarianadin L., 2003. Quantification de la jussie et analyse des problèmes de gestions sous contrainte de modification sur le Marais de Gannedel. Atelier thématique Génie de l'Environnement ENSAR, Rennes : 40 p. + 39 p. ann.

Castagnos E., Dutartre A., Haury J., Touzot O., 2000. Gestion des plantes aquatiques proliférantes dans le cadre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin versant de la Vilaine. Bilan de l'extension des plantes et proposition d'un plan de gestion. Cemagref, Unité de Recherche Qualité des Eaux, Cestas, *Etude n°54* : 52 p.

Clément B., Haury J., 2007. Expertise : Evolution historique et récente du Marais de Gannedel. Univ. Rennes 1 & Agrocampus Rennes: 4 p.

Clément B., Touffet J., 1987. Organisation et dynamique des communautés végétales des zones humides de Bretagne. In La gestion des systèmes écologiques : des progrès de la recherche au développement des techniques. 4ème colloque de l'Association Française des Ingénieurs Ecologiques, Bordeaux, 14-16 Mai 1987 : 209-215.

Dutartre A. (Coord.), Haury J., Dandelot S., Coudreuse J., Ruaux B., Lambert E., Le Goffe P., Menozzi M.-J., Cazaubon A., 2007. Les jussies : caractérisation des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion. Rapport final - Programme de recherche Invasions Biologiques 2003-2006. Cemagref REBX Bordeaux & Ministère de l'Ecologie : 87 p. +ann.

Haury J., Coudreuse J., Bozec M., coll. Briant N., Planchet L., Ballagny C., 2009. Suivi de la jussie au sein de la végétation aquatique et palustre du marais de Gannedel - Rapport d'intervention et de suivi 2008. Synthèse 2006-2008. Agrocampus Ouest CFR Rennes, Conseil Général d'Ille-et-Vilaine : 62 p.

Institution d'Aménagement de la Vilaine 2003. Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Vilaine – Agir pour la Vilaine : Propositions d'Action. IAV La Roche Bernard : 4 p.

Institution d'Aménagement de la Vilaine 2007. Document d'objectifs du site des marais de Redon et de Vilaine (FR 5300002). 1 – Descriptif et diagnostic du site, 94 p. ; 2 – Programme d'actions, 75 p. + Atlas cartographique. IAV La Roche Bernard.

Lambert E., 2009 : Plantes exotiques envahissantes : Synthèse bibliographique. CEREA/UCO/Angers Comité des Pays de la Loire/ Gestion des plantes exotiques envahissantes ; GIS «Macrophytes des Eaux continentales» : 89 p. Ed. DREAL Pays-de-la-Loire (sous presse).

Matrat R., Anras L., Vienne L., Hervochon F., Pineau C., Bastian S., Dutartre A., Haury J., Lambert E., Gilet H., Lacroix P. Maman L., 2006 (2004 1ère éd.). Gestion des plantes exotiques envahissantes – Guide technique. (Comité des Pays de la Loire de gestion des plantes exotiques envahissantes, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Forum des Marais atlantiques, DIREN Pays de la Loire &: Conservatoire régional des rives de la Loire et de ses affluents) - 2ème édition, 2006 ; revue et augmentée : 86 p. (document téléchargeable).

Sourisseau A., 2008. Apport de la télédétection pour la cartographie des plantes aquatiques envahissantes. Application à la jussie dans le bassin de la Vilaine. Mém. Master 2 Pro Télédétection et Géomatique Appliquées à l'Environnement. Institut de Physique du Globe de Paris, Univ. Paris 7 (Paris Diderot), Institution d'Aménagement de la Vilaine La Roche-Bernard (56) & AGROCAMPUS OUEST Rennes : 52 p. + ann.

Stucky 2002. Réhabilitation et valorisation du marais de Gannedel. Etude d'impact sur l'environnement. Phase 1 : Etat initial 3 – Inventaire botanique et phytosociologique. Conseil Général d'Ille-et-Vilaine : 39 p. + ann.