



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement



Etude des changements de végétation et de substrat des plaines alluviales en Loire moyenne



VERSEIL RÉMI – 5A IMA
PROJET DE FIN D'ETUDES (PFE) 2020-2021
TUTRICE : SABINE GREULICH

Avertissement



Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement



La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

Remercîments



Je remercie Mme Greulich qui m'a aidé, guidé et conseillé durant toute la réalisation de ce projet.

Table des matières



Avertissement	1
Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement	2
Remerciements	3
Table des matières	4
Table des figures.....	5
Table des tableaux.....	6
Introduction.....	7
Matériel et méthode	9
1) Présentation du site d'étude	9
2) Les données de végétation :.....	9
3) Les données de granulométrie	10
4) Les données topographiques	10
5) Le traitement des données.....	11
Résultat.....	12
Evaluation de la dynamique végétale	12
1) Les communautés.....	12
2) Evolution de la végétation par site.....	13
3) Evolution de la dynamique végétale à l'échelle globale	19
4) Espèces exotiques et envahissante	20
Dynamique sédimentaire	23
1) Analyse par site	23
2) Comparaison avec les données de végétation	24
Données topographiques	25
Discussion	28
Conclusion	29
Bibliographie.....	30
Annexes	31

Table des figures

Figure 1 : Localisation des stations.....	9
Figure 2 : Abondance de <i>Paspalum distichum</i> du site 1 en fonction des années	14
Figure 3 : Abondance de <i>Paspalum distichum</i> du site 2 en fonction des années	14
Figure 4 : Abondance de <i>Rorripa sylvestris</i> du site 1 en fonction des années	15
Figure 5 : Abondance de <i>Rorripa sylvestris</i> du site 2 en fonction des années	16
Figure 6 : Abondance de <i>Rorripa sylvestris</i> du site 3 en fonction des années	16
Figure 7 : Abondance de <i>Ludwigia</i> sp. du site 1 en fonction des années.....	17
Figure 8 : Abondance de <i>Ludwigia</i> sp. du site 2 en fonction des années.....	18
Figure 9 ACP sur le critère des espèces des placettes par an	19
Figure 10 : ACP sur les critères de la densité et du cycle de vie des placettes par an	20
Figure 11 : Abondance moyenne de <i>Paspalum distichum</i> , <i>Ludwigia</i> sp. et <i>Eragostis pectinacea</i> par an	21
Figure 12 : Exemple d'une invasion de <i>Paspalum distichum</i> et <i>Ludwigia</i> sp. sur le site 1 – Source Greulich Sabine	22
Figure 13 : ACP de la granulométrie en 2004 et 2014.....	23
Figure 14 : ACP du changement de granulométrie entre 2004 et 2014	23
Figure 15 : Coenercie entre l'ACP de la végétation et l'ACP de la granulométrie.....	24
Figure 16 : Histogramme du randtest	25
Figure 17 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 1	25
Figure 18 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 2	26
Figure 19 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 3	26
Figure 20 : Localisation des placettes de chaque site	27

Table des tableaux



Tableau 1 : Equivalence du recouvrement de Braun-Blanquet en recouvrement moyen selon Dufrêne	10
Tableau 2 : Identification des espèces de la communauté du <i>Heleochoilon schoenoidis</i> par an.....	12
Tableau 3 : Identification des espèces de la communauté du <i>Chenopodium rubri</i> par an	12
Tableau 4 : Identification des espèces de la communauté du <i>Bidention tripartitae</i> par an.....	13
Tableau 5 : Identification des espèces de la communauté du <i>Salicion albae</i> par an	13
Tableau 6 : Nombre d'identification de <i>Paspalum distichum</i> par an et par site.....	13
Tableau 7 : Nombre d'identification de <i>Rorripa sylvestris</i> par an et par site.....	15
Tableau 8 : Nombre d'identification de <i>Ludwigia</i> sp. par an et par site	17
Tableau 9 : Impact de <i>Paspalum distichum</i> sur la diversité de certaines placettes	21
Tableau 10 : Impact de <i>Ludwigia</i> sp. sur la diversité de certaines placettes	22
Tableau 11 : Signification des chiffres du graphique de la coenergie	24

Introduction



La Loire est le plus long fleuve de France, elle s'écoule sur 1012 km. De ce fait, elle peut être divisée en trois parties selon des critères géographiques, climatiques, hydrologiques et géologiques (Ruau 2008). La Loire moyenne couvre un territoire allant de Nevers à Angers. Elle est caractérisée par une pente plus faible, et un régime hydraulique plus calme que la partie amont. Parfois présentée comme le « dernier fleuve d'Europe naturel » elle conserve certaines caractéristiques de « fonctionnement naturel ». Ainsi, la Loire continue de posséder une certaine liberté morphologique, sédimentaire et écologique qui se traduit par le développement de successions végétales originales peu impactées par les activités humaines (Cornier 2002).

Plusieurs communautés végétales présentes en Loire moyenne sont dites pionnières. C'est le cas des communautés du *Heleochoion schoenoidis*, du *Chenopodion rubri* et du *Bidenton tripartitae* toutes les trois présentées selon Cornier, (2002) comme des communautés de grèves humides à développement estivale (La communauté du *Heleochoion schoenoidis* est présentée sous le nom du *Nanocyperion flavescentis* mais la nomenclature a été révisée d'après Greulich et al. (2016)).

La communauté du *Heleochoion schoenoidis* se situe sur les niveaux topographiques les plus bas des grèves (Greulich et al. 2016). Les espèces discriminantes sont des petits souchets de *Cyperus fuscus*, *Cyperus flavescentis*, *Cyperus michelianus*.

La communauté du *Chenopodion rubri* est implantée légèrement plus en hauteur des grèves. Des espèces telles que *Oxybasis rubra*, *Dysphania ambrosioides*, *Corrigiola littoralis*, *Amaranthus blitum*, *Cyperus fuscus*, *Echinochloa muricata*, *Persicaria lapathifolia*, *Xanthium orientale* en sont des exemples (Cornier 2002).

La communauté du *Bidenton tripartitae* est présente sur les parties les plus limoneuses des grèves constituées d'espèces nitrophiles dont *Bidens tripartita*, *Bidens cernua*, *Bidens frondosa*, *Persicaria lapathifolia*, *Persicaria hydropiper*, *Cyperus esculentus*, *Pulicaria vulgaris*, *Rumex maritimus*, *Echinochloa crus-galli*, *Leersia oryzoides*, en sont des exemples.

On peut également citer les communautés arborées pionnières telle que *Salicion albae* dont les espèces principales sont *Salix alba* et *Populus nigra* (INPN).

La végétation influe énormément sur les sédiments. Les taux de sédimentations sont les plus importants pour les communautés d'herbacés et d'arbustes pionniers (Corenblit et al. 2009) et notamment les espèces pionnières de bois tendre telles que *Salix spp.* et *Populus nigra*. Néanmoins, les sédiments jouent également un rôle important pour la végétation. Pour les communautés herbacées, selon le type de substrat, la végétation ne va pas croître de la même façon. Pour des sédiments grossiers, la croissance des végétaux est lente puisque l'humidité et les nutriments sont limités. Au contraire pour des substrats sableux, les nutriments sont plus disponibles et le substrat reste plus humide favorisant la croissance des végétaux (Baniya et al. 2020).

Entre 2004 et 2014, des mesures de la végétation, de la granulométrie et de la topographie ont été réalisées sur des placettes présentes sur 3 sites différents d'un tronçon en aval de Tours. Le but de ce rapport est de répondre, en couplant les données obtenues, à différentes hypothèses. Tout d'abord, vérifier si les communautés végétales présentées plus haut : *Chenopodion rubri*, *Heleochoion schoenoidis*, *Bidenton tripartitae* et *Salicion albae* sont bien présentes dans les données. De plus vérifier l'impact de la végétation sur les sédiments relevés dans ces placettes, en relevant des changements qui ont eu lieu au cours du temps et de vérifier si certaines espèces impactent plus ces changements. Enfin, puisque les zones humides sont considérées comme très sensibles aux invasions (Moyle et Light 1996), il sera attendu que certaines espèces exotiques et envahissantes soient

présentes dans les relevés et que leur abondance augmente au cours du temps, impliquant un déclin des espèces identifiées avant leur implantation.



Matériel et méthode

1) Présentation du site d'étude

Ce projet a été réalisé à l'aide de données issues d'un suivi de placette de 60 x 60 cm entre 2004 et 2014 réalisé par Sabine Greulich, Université de Tours, UMR CNRS 7324 CITERES. Elles sont installées sur 3 sites différents situés sur les communes de Fondettes et Luynes auprès de Tours (Figure 1)

Présentation du site d'étude

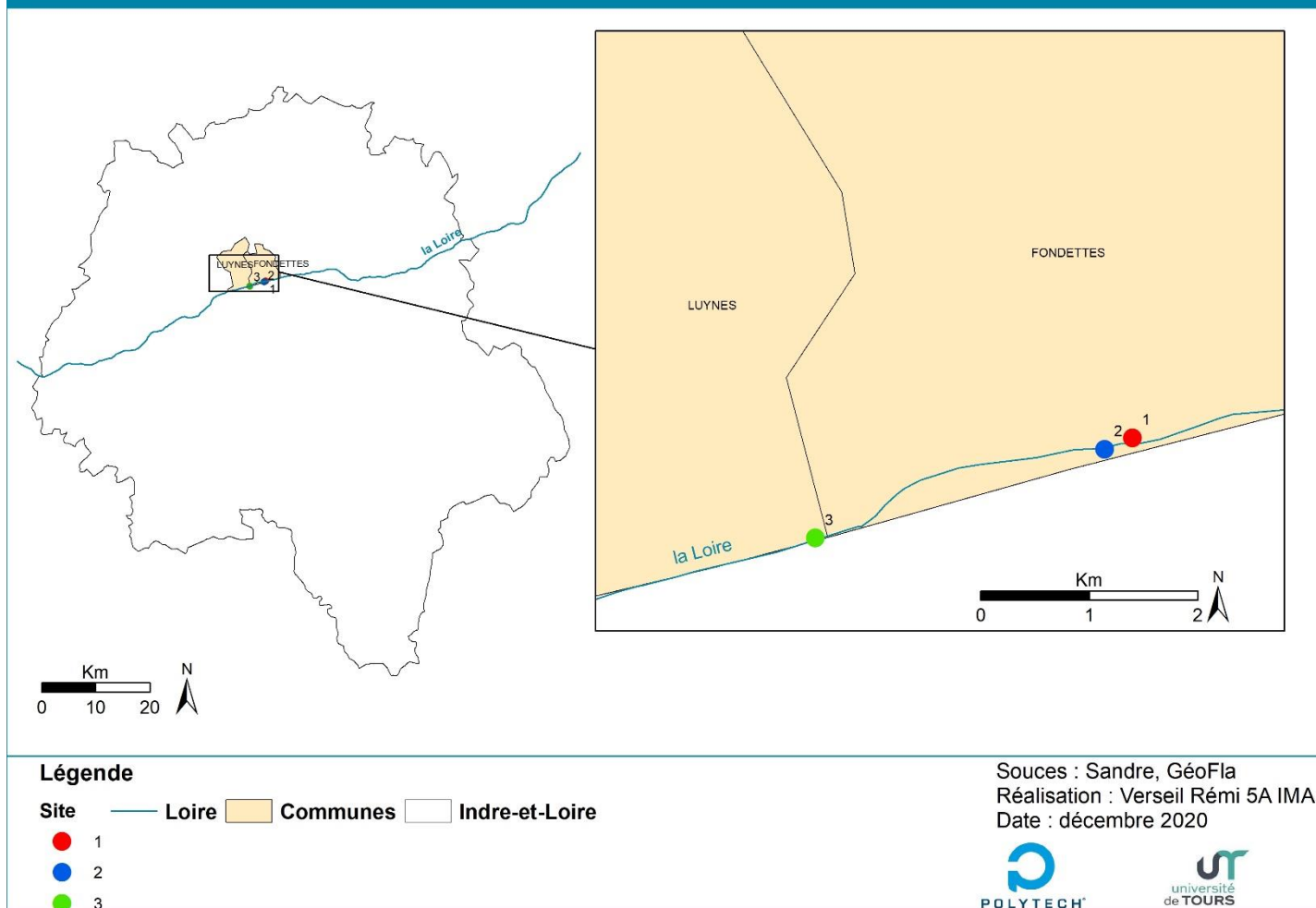


Figure 1 : Localisation des stations

Le premier site se compose de 19 placettes situées sur « le Port Vaillères » amont et qui, pour la suite de ce rapport sera nommé site 1. Le deuxième site comprend 12 placettes situées à « Port Vaillères » aval et portera le nom de site 2. Enfin le troisième se compose de 22 placettes localisées à Quincongrogne et portera le nom de site 3. L'ensemble de ces sites comprennent des relevés de végétation, de granulométrie et de topographie.

2) Les données de végétation :

La végétation a été suivie annuellement dans l'ensemble des placettes des 3 sites. Dans ce projet, seront utilisées les données de 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, 2013 et 2014. Dans chacune

des placettes est renseignée l'abondance de chaque espèce en utilisant l'indice abondance-dominance de Braun-Blanquet. Cet indice est facile à estimer sur le terrain (Wikum et Shanholtzer 1978). Néanmoins, les différentes classes de cet indice ne sont pas équidistantes, et les données ont pour cela été transformées en recouvrement moyen selon Dufrêne (Tableau 1).

Tableau 1 : Equivalence du recouvrement de Braun-Blanquet en recouvrement moyen selon Dufrêne

Classe de recouvrement (%)	Recouvrement moyen de Dufrêne
75-100	87.5
50-75	62.5
25-50	37.5
5-25	15
1-5	2.5
<1	0.2

L'ensemble des données ont été rassemblées dans un fichier Excel pour être traitées statistiquement sous R. Les graphiques obtenus ont permis de suivre le changement de végétation sur les 10 ans de l'étude.

3) Les données de granulométrie

Les données de granulométrie ont été récoltées en 2004 et 2014. Pour chaque placette, deux échantillons sur les 15 cm de substrat ont été réalisés. Ces échantillons ont été prélevés à 30 cm en amont et 30 cm en aval des placettes. Ces deux échantillons ont été mélangés pour ainsi obtenir une moyenne, sans impacter les placettes elles-mêmes. La distribution des grains comprend les galets (> 31.15 mm), graviers (>2 mm), sables grossiers (>0.5 mm), sables moyens (> 0.2 mm), sables fins (> 0.05 mm) et particules fines (< 0.05 mm) qui ont été déterminés par tamisage après lavage pour éliminer la matière organique (le détail des mailles de tamisage est disponible en Annexe I).

En 2004, la granulométrie de 39 placettes a été analysée, sur les autres placettes, le prélèvement des sédiments n'a pas pu être effectué dû à un niveau trop élevé de la Loire. 300 grammes de sédiments ont été récoltés sur les différentes placettes pour effectuer une analyse granulométrique. En 2014, 12 placettes ont été échantillonnées. Des masses comprises entre 91.5g et 489g ont été cette fois prélevées et ont, par la suite, subies une analyse granulométrique pour estimer le pourcentage de chaque classe.

Les données ont été traitées statistiquement sous R afin de déterminer si les évolutions dans la structure granulométriques ne sont pas corrélées avec un changement de végétation.

4) Les données topographiques

Les mesures topographiques ont été réalisées sur les trois sites à l'aide d'un théodolite GEODIMETER 440. Sur chaque placette, deux mesures ont été effectuées, correspondant aux deux coins de la placette. Un ensemble de bornes géoréférencées a été implanté, dans le système Lambert II, sur les sites, dans l'optique de localiser précisément les placettes étudiées en 2004 et de pouvoir réimplanter ces placettes les années suivantes.

La précision de la mesure est d'ordre centimétrique pour X et Y et d'environ 2-3 cm pour Z. Une mesure au point amont rive gauche et une au point aval rive droite a été réalisée. Néanmoins, certaines

placettes ont disparu suite à la montée des eaux, ainsi pour ces placettes, un point central a été levé. Chaque mesure comprend les coordonnées X, Y et Z en Lambert II ou 93. Sur chaque placette, la détermination des coordonnées du point central a été faite suivant le calcul suivant pour les coordonnées X, Y et Z :



$$\frac{\text{Point amont rive gauche} + \text{Point aval rive droite}}{2}$$

Suite à cela, l'ensemble des points ont été converties en un référentiel commun. Celui choisi ici est le Lambert 93.

Les données utilisées dans ce projet sont celles de 2004, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014. Néanmoins, pour l'ensemble de ces données, certaines valeurs sont manquantes, c'est le cas des placettes 13, 14 et 15 du site aval puisque ces placettes se trouvaient en eau au moment des relevés dès 2004.

5) Le traitement des données

Le traitement des données a été fait sous Excel pour la réalisation des tableaux et de figure de type histogrammes.

Afin de déterminer l'évolution de la végétation entre 2004 et 2014, les données de végétation par an et par placette ont été traitées sous R. Afin d'améliorer la visibilité des graphiques et des valeurs obtenues, les espèces ayant moins de 3 apparitions sur l'ensemble de la période d'étude de 2004 à 2014 ont été retirées, soit 32 taxons (Annexe II). De plus certaines classes ont été regroupées, c'est le cas de *Ludwigia sp.* qui se compose de l'ensemble des valeurs de *Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*. Le modèle choisi a été l'ACP. Cette méthode multivariée a permis de visualiser les données par placette selon un critère taxonomique dans le but d'en dégager une structure. La même méthode a été utilisée pour tester l'évolution de la granulométrie entre 2004 et 2014.

Une analyse de coenergie a également été testée sous R pour mettre en évidence la covariance entre les deux ACP, celle de la végétation et celle de la granulométrie (Jacquet et Prodon 2014).

Résultat

Evaluation de la dynamique végétale

Sur l'ensemble de la période d'étude 84 taxons ont été identifiés. Parmi ces taxons, 67 ont été identifiés à l'espèce, 14 jusqu'au genre. Se rajoute à cela les classes bryophytes et algues filamenteuses ainsi que la classe « indéterminé ».

Deux espèces sont très présentes au début du projet et ont, au cours des années, diminué jusqu'à ne plus être identifiées, il s'agit de *Corrigiola littoralis* et *Digitaria sanguinalis* présentes respectivement de 2004 à 2012 et 2004 à 2013. Au contraire, 35 espèces sont apparues à partir de 2007 (Annexe III). Enfin, certaines espèces quant à elles sont présentes sur l'ensemble de la période d'étude, c'est le cas de *Paspalum distichum*, *Rorippa sylvestris*, *Polygonum aviculare*, *Populus nigra*, *Ludwigia sp.*

1) Les communautés

Les quatre communautés recherchées ont été déterminées par la recherche des espèces décrites par Cornier (2002). Les tableaux ci-dessous répertorient leur présence par années (Tableaux 2, 3, 4, 5). Les mêmes tableaux ont été réalisés par site (Annexe IV, V, VI, VII).

Heleochloion schoenoidis

Tableau 2 : Identification des espèces de la communauté du *Heleochloion schoenoidis* par an

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Cyperus fuscus</i>		X	X					X	
<i>Cyperus flavescens</i>									
<i>Cyperus michelianus</i>		X	X						

La communauté de *Heleochloion schoenoidis* semble pouvoir être considérée comme présente en 2005 (site 2) et 2006 (site 3).

Chenopodion rubri

Tableau 3 : Identification des espèces de la communauté du *Chenopodion rubri* par an

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Oxybasis rubra</i>			X				X		
<i>Dysphania ambrosioides</i>			X			X		X	
<i>Corrigiola littoralis</i>	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Amaranthus blitum</i>			X						
<i>Cyperus fuscus</i>		X	X					X	
<i>Echinochloa muricata</i>						X		X	X
<i>Persicaria lapathifolia</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>Xanthium orientale</i>	X	X	X	X	X	X		X	X

Cette communauté semble présente sur l'ensemble de la période d'étude notamment par la présence chaque année et sur quasiment chaque site de *Corrigiola littoralis* (sauf 2013 et 2014), *Persicaria lapathifolia* et *Xanthium sp.* Un changement de la composition de la communauté est visible notamment par la disparition à partir de 2012 de *Corrigiola littoralis*, très présente en 2004, 2005, 2006, 2008, 2010 sur toutes les sites et l'apparition d'*Echinochloa muricata*.

*Bidention tripartitae*Tableau 4 : Identification des espèces de la communauté du *Bidention tripartitae* par an

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Bidens tripartita</i>								X	
<i>Bidens cernua</i>									
<i>Bidens frondosa</i>				X	X	X	X	X	X
<i>Persicaria lapathifolia</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>Persicaria hydropiper</i>									X
<i>Cyperus esculentus</i>	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Pulicaria vulgaris</i>									
<i>Rumex maritimus</i>									
<i>Echinochloa crus-galli</i>		X	X		X			X	X
<i>Leersia oryzoides</i>									

Cette communauté semble être très présente sur le domaine d'étude, notamment en 2005 (site 1 et 2), 2006 (site 1 et 3), 2007 (site 1), 2008 (site 1 et 2), 2010, 2012 (site 1), 2013 (site 1 et 2), 2014 (site 2). Tout comme la communauté de *Chenopodion rubri*, un changement de la composition végétale est visible par une disparition de *Cyperus esculentus* à partir de 2013.

Certains taxons présentés par Cornier (2002) n'ont pas été identifiés, c'est le cas de *Leersia oryzoides*, *Rumex maritimus*, *Pulicaria vulgaris* et *Bidens cernua*.

*Salicion albae*Tableau 5 : Identification des espèces de la communauté du *Salicion albae* par an

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Salix alba</i>		X	X			X	X	X	X
<i>Populus nigra</i>	X	X	X			X	X	X	X

La communauté *Salicion albae*, semble être présente en 2006 (site 3) et 2010 à 2014 (site 1). En 2005 cependant, les deux espèces ne sont jamais présentes sur un même site.

2) Evolution de la végétation par site

Paspalum distichum

A l'échelle de l'ensemble des placettes, l'espèce la plus présente est *Paspalum distichum*. Avec 130 recensements sur l'ensemble de la période d'étude. Le tableau 6 ci-dessous réfère leur identification par site et par année.

Tableau 6 : Nombre d'identification de *Paspalum distichum* par an et par site

	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
Site 1	2	3	4	2	1	8	8	12	13
Site 2	4	10	10	9	3	12	9	8	9
Site 3	1	0	2	0	0	0	0	0	0

La présence de *P. distichum* a augmenté pour le premier site au cours du suivi alors que sur le site 3 elle n'est généralement pas présente. Sur le site 2, une grande partie des placettes sont composées de

cette espèce dès 2005. Les graphiques ci-dessous mettent en évidence le nombre de placettes comprenant *P. distichum* par abondance et par an pour le site 1 et 2 (l'espèce n'étant quasi pas présente sur le site 3, ce dernier n'a pas été pris en compte).

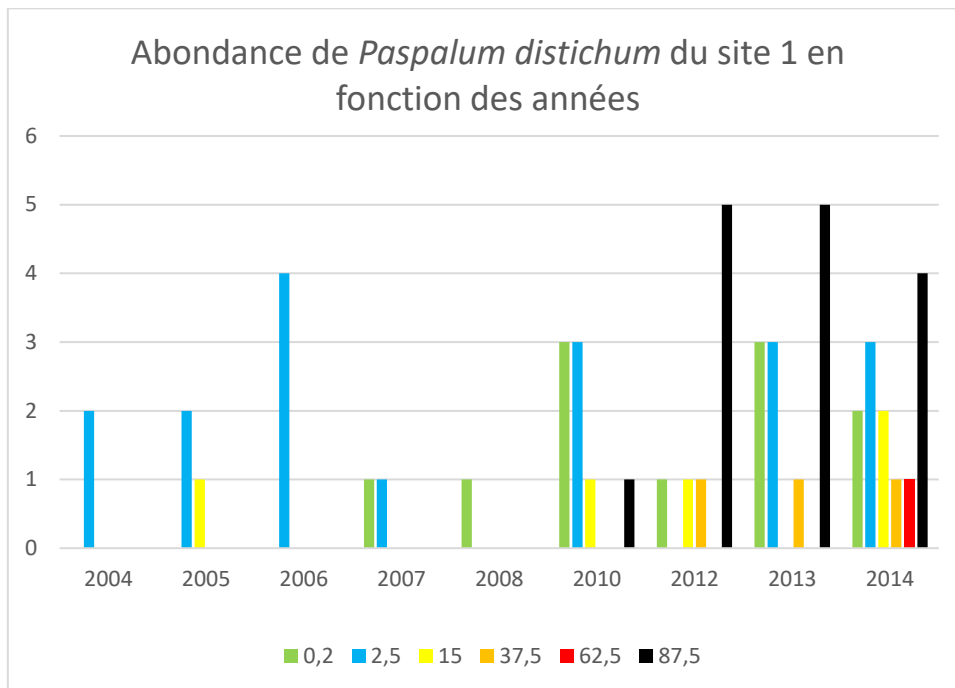


Figure 2 : Abondance de *Paspalum distichum* du site 1 en fonction des années

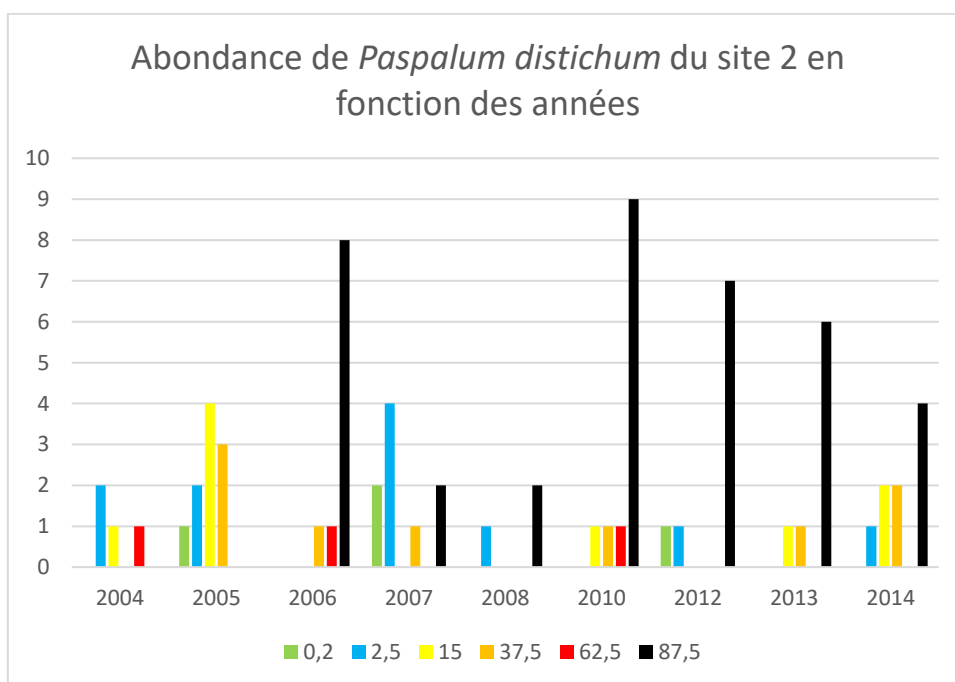


Figure 3 : Abondance de *Paspalum distichum* du site 2 en fonction des années

Pour le site 1, *P. distichum* a commencé à envahir fortement le site à partir de 2010. En 2014, l'espèce est présente sur de nombreuses placettes (11 sur 19) dont 4 avec une abondance de 87.5 (Figure 2)

Le site 2 recense une abondance non négligeable de *P.distichum* dès 2004. Au fil des années, cette dernière va fortement accroître. En 2012, 9 placettes sur 12 sont envahies par *P. distichum* avec une abondance de 87,5, tendance qui régressera légèrement jusqu'en 2014 (4 placettes avec une abondance à 87,5 mais en tout 9 sur 12 qui contiennent l'espèce) (Figure 3).

Rorripa sylvestris

Cette espèce est présente sur 93 placettes sur l'ensemble de l'étude. Le tableau 7 ci-dessous présente sa répartition sur les différents sites par an.

Tableau 7 : Nombre d'identification de *Rorripa sylvestris* par an et par site

	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
Site1	9	5	10	4	9	9	1	2	5
Site 2	3	3	2	3	4	0	0	0	2
Site 3	2	3	4	0	3	4	4	2	0

L'espèce est présente constamment sur le site 1 sur de nombreuses placettes entre 2004 et 2010, néanmoins sur le site 2 de 2010 à 2013, aucune identification n'a été faite. Sur le site 3, l'espèce reste peu présente.

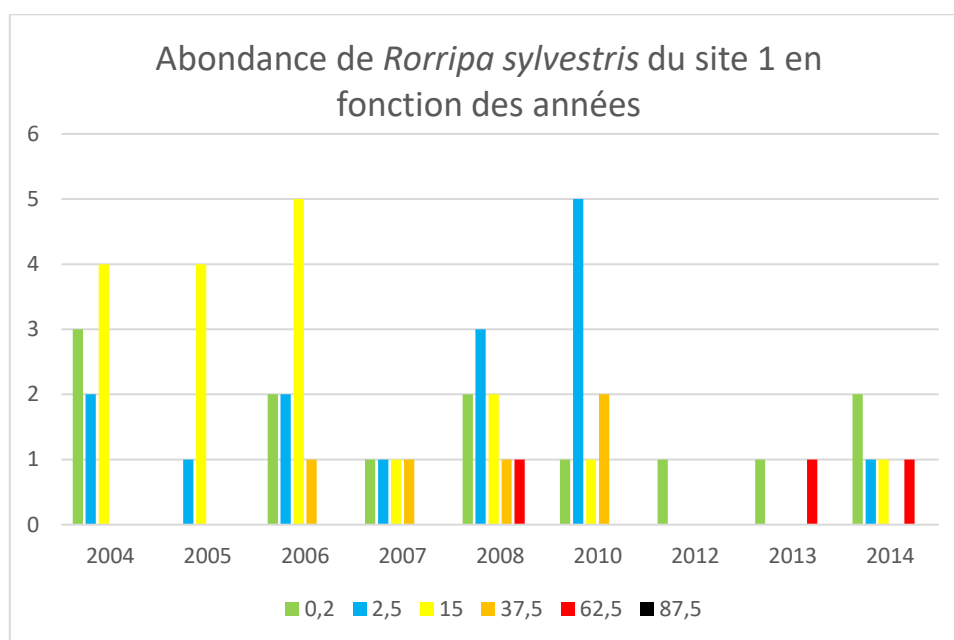
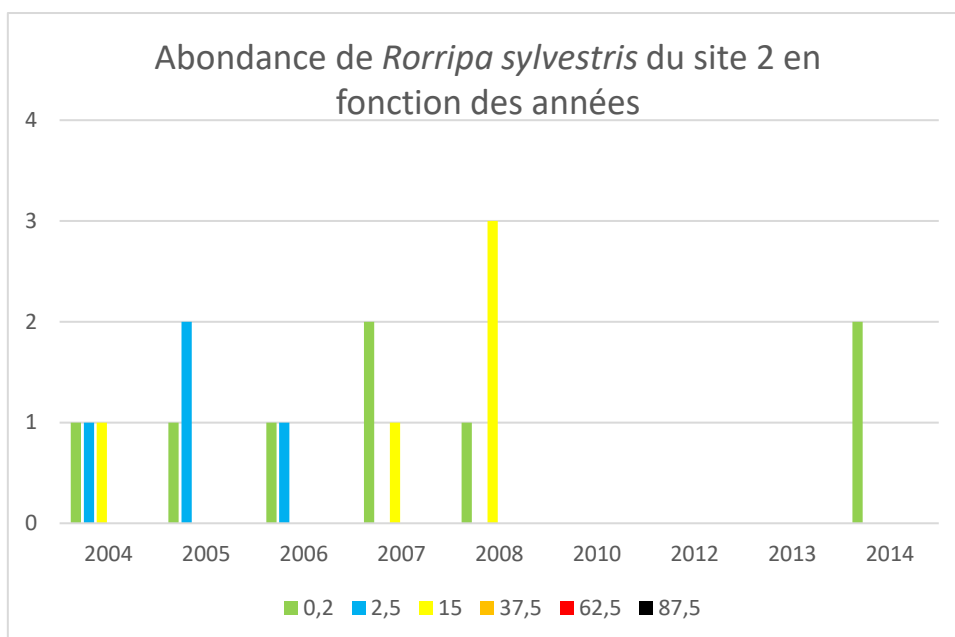
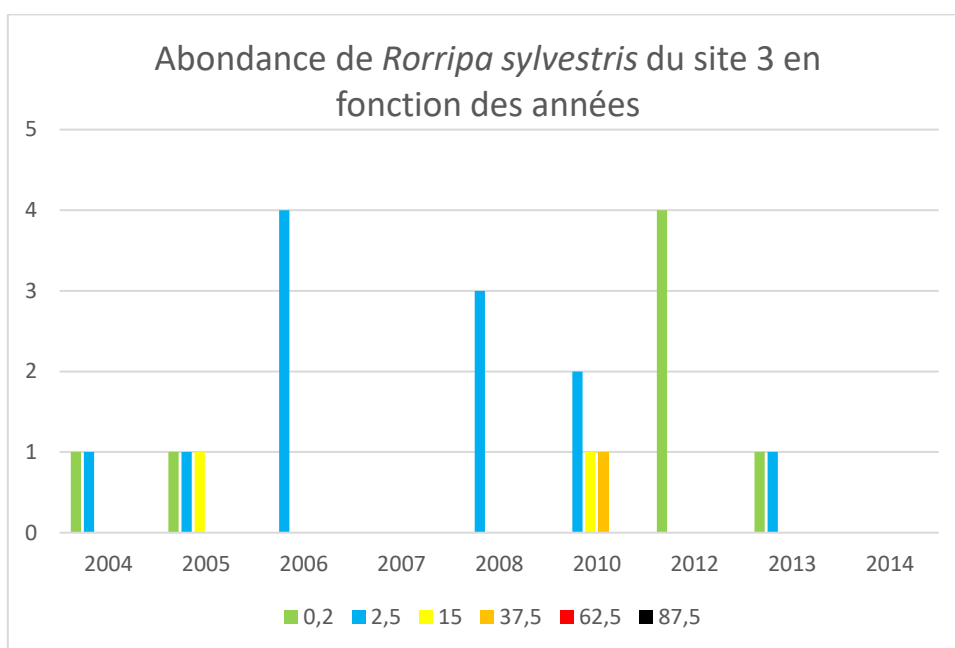


Figure 4 : Abondance de *Rorripa sylvestris* du site 1 en fonction des années

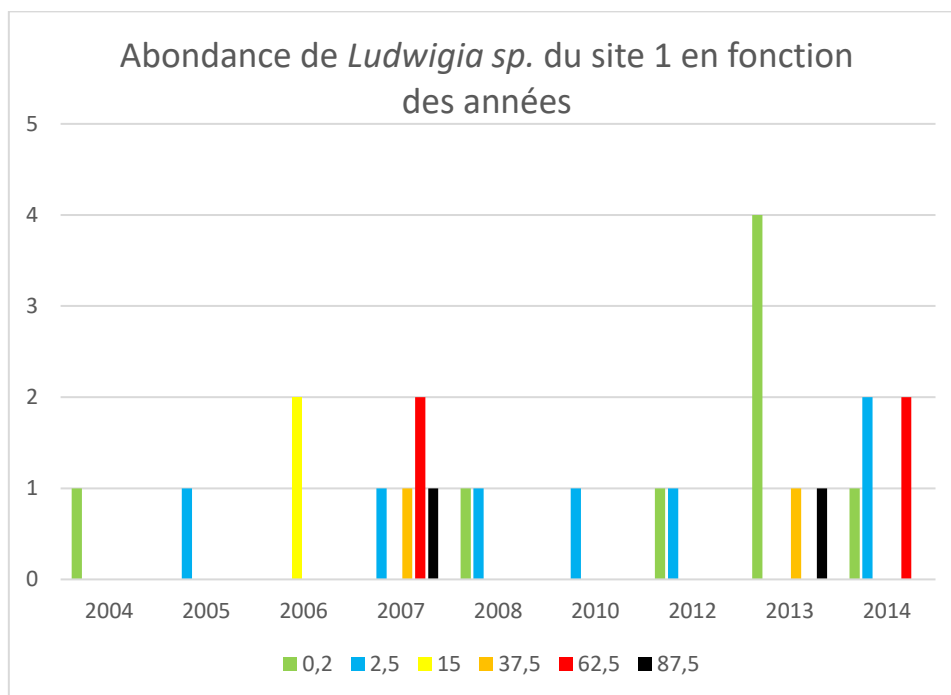
Figure 5 : Abondance de *Rorripa sylvestris* du site 2 en fonction des annéesFigure 6 : Abondance de *Rorripa sylvestris* du site 3 en fonction des années

Sur le site *R. sylvestris* reste peu abondante sur l'ensemble des placettes, 3 d'entre elles présentent une abondance de 62.5 en 2008, 2013 et 2014 (Figure 4). Pour les deux autres sites (Figure 5 et 6) les abondances sont faibles.

*Ludwigia sp.*Tableau 8 : Nombre d'identification de *Ludwigia sp.* par an et par site

	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
Site 1	1	1	2	5	2	1	2	6	5
Site 2	2	3	6	10	1	7	4	1	8
Site 3	1	0	2	0	1	2	0	0	0

D'une manière générale, *Ludwigia sp.* est peu présent au début de l'étude (Tableau 8), mais sa présence accroît rapidement avec le temps (sauf pour 2008 où une forte baisse est visible). Sur le site 3 néanmoins il n'est que peu présent (Figure 8)

Figure 7 : Abondance de *Ludwigia sp.* du site 1 en fonction des années

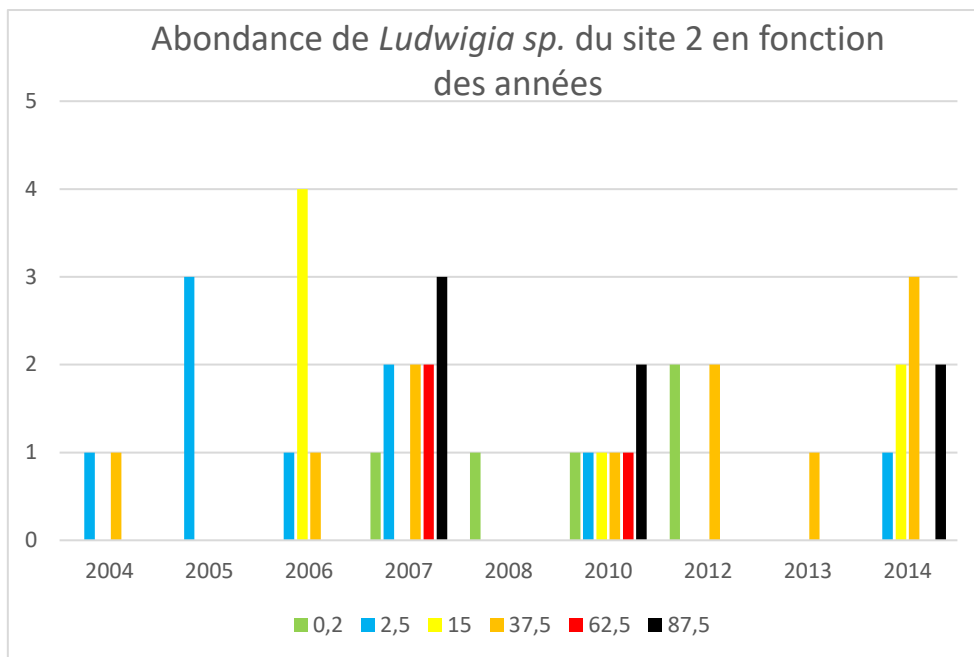


Figure 8 : Abondance de *Ludwigia* sp. du site 2 en fonction des années

Sur le site 1, le genre *Ludwigia* est peu présent au début de l'étude. En 2007, son abondance accroît sur au moins 3 placettes. Néanmoins, dès 2008, l'abondance diminue fortement. Dès 2013, ce genre se retrouve à nouveau fortement présent.

Sur le site 3, le genre *Ludwigia* est très présent, en 2007 et 2010, respectivement 10 et 7 placettes sont envahies avec de fortes abondances. Encore une fois, après 2007, une forte baisse est visible tout comme après 2010 suivie d'une augmentation de sa présence et abondance en 2014.

Sur le site 3, le genre *Ludwigia* n'est quasiment pas présente, ainsi aucun graphique n'a été fait.

3) Evolution de la dynamique végétale à l'échelle globale

Les premiers résultats obtenus par l'ACP sont visibles sur la figure 9 ci-dessous.

19

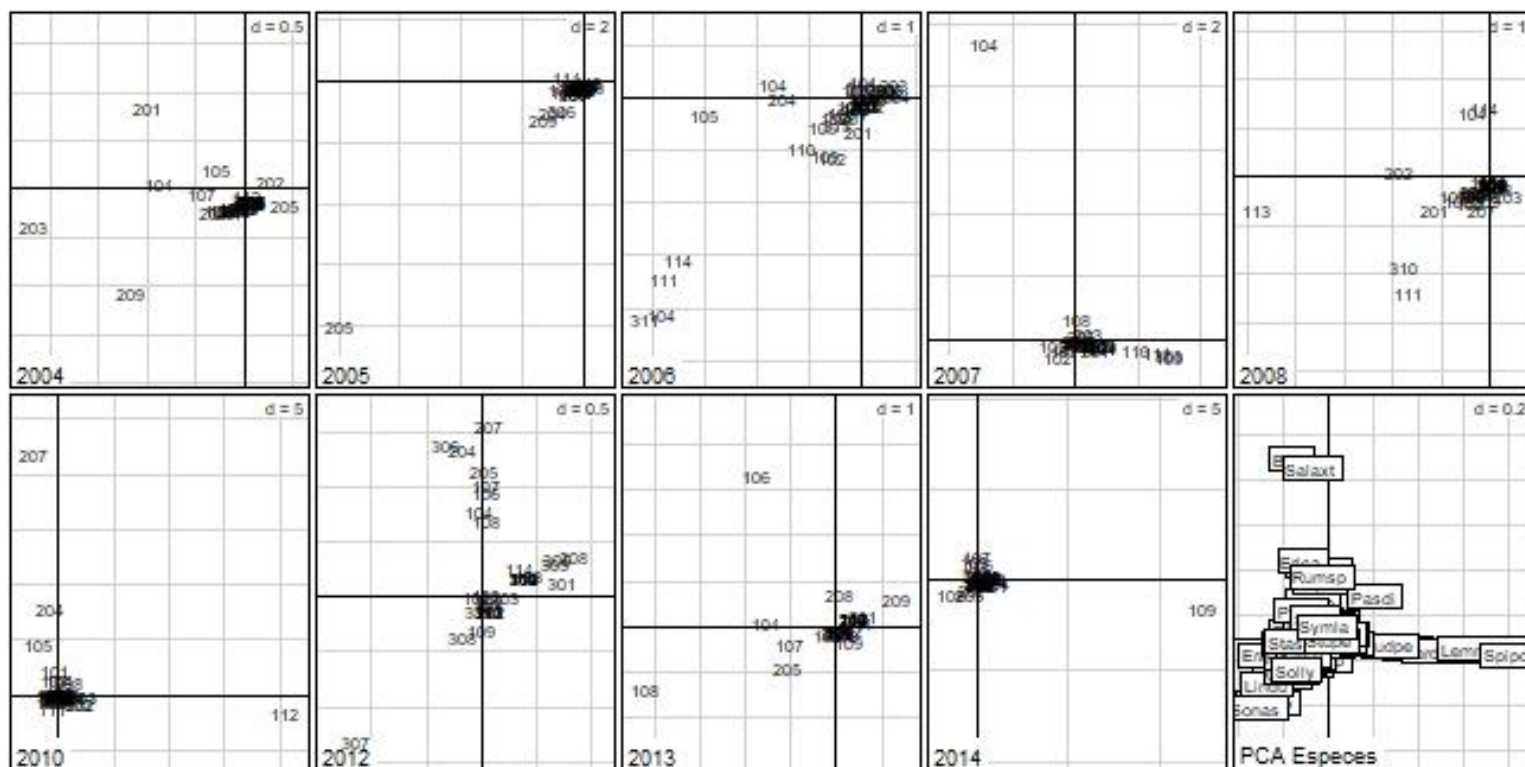


Figure 9 ACP sur le critère des espèces des placettes par an

Ces résultats ne permettent pas de démarquer certaines placettes, puisque n'y a pas de structure qui apparaît et qui se stabilise au cours du temps. Ainsi, pour améliorer les résultats, les espèces ont été regroupées en plusieurs groupes. Ces groupes dépendent de deux critères, le cycle de vie de la plante : Vivace (V) ou annuel (A) et l'abondance moyenne visible sur l'ensemble des placettes. Trois classes d'abondance ont été déterminées. Ces valeurs seuils ont été estimées selon l'abondance moyenne de chaque espèce, suite à la création d'un histogramme de l'ensemble de ces valeurs, trois classes principales en sont ressorties : supérieure à 15% (Très dense : TD), supérieure à 7% (dense : D) et inférieure à 7% (peu dense : PD). Les résultats obtenus sont visibles sur la figure 10 ci-dessous dont les coordonnées exactes sont disponibles en Annexe VIII.

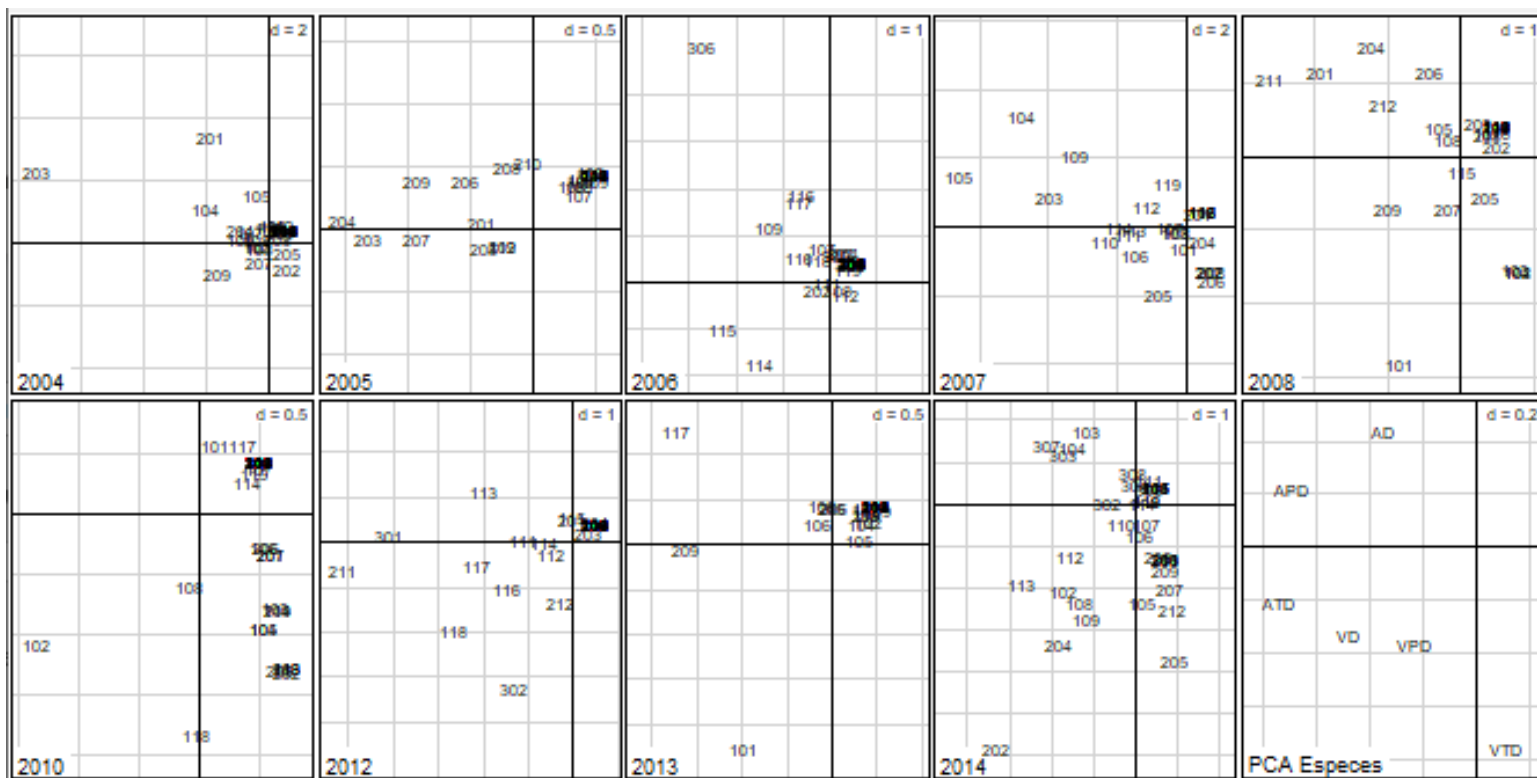


Figure 10 : ACP sur les critères de la densité et du cycle de vie des placettes par an

La carte factorielle en bas à droite estime, selon l'ensemble des valeurs de l'étude, une tendance vers laquelle une classe précise est majoritairement représentée.

Au vu de cela, la végétation était au départ principalement constituée d'espèces assez mixtes. Au fur et à mesure du temps, cette dernière a changé, se composant principalement d'espèces vivaces avec une densité importante. Néanmoins en 2013, les placettes se sont regroupées au centre du graphique pour à nouveau reprendre leur tendance en 2014.

4) Espèces exotiques et envahissantes

Au total, sur l'ensemble de l'étude, 8 espèces exotiques et envahissantes ont été identifiées (selon Hudin et Vahrameev (2010)), *Azolla filiculoides*, *Ludwigia grandiflora*, *Ludwigia peploides*, *Lemna minuta*, *Bidens frondosa*, *Eragostis pectinacea*, *Lindernia dubia* et *Paspalum distichum*. Certaines d'entre elles sont très peu présentes, c'est le cas de *Azolla filiculoides*, présente 5 fois pour des abondances de 0,2 ou *Lemna minuta* présente 3 fois pour une abondance allant de 0.2 à 62.5. La faible présence de ces deux espèces peut s'expliquer par le fait qu'elles ont besoin d'être en eau, ce sont des espèces hydrophytes alors que la plupart des placettes n'étaient pas ou rarement en eaux lors des recensements. *Lindernia dubia* et *Bidens frondosa*, sont quant à elles moyennement présentes. La première est identifiée 12 fois sur la période 2005, 2006 et 2008 pour une densité moyenne de 0.96. *Bidens frondosa* est quant à elle présente 27 fois entre 2007 et 2014 pour une abondance moyenne de 11,1. Enfin, trois espèces sont présentes très régulièrement dans les relevés : *Eragostis pectinacea*, *Ludwigia sp* (*Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*) et *Paspalum distichum*. La densité moyenne par an ainsi que le nombre de relevés sont visibles en Annexe IX.

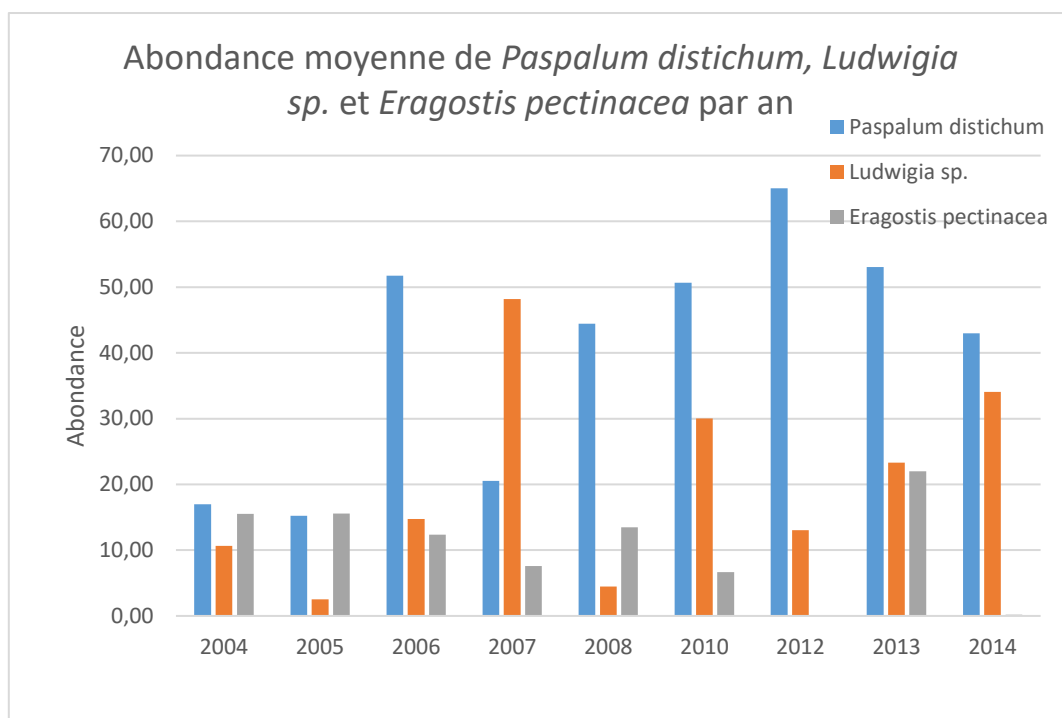


Figure 11 : Abondance moyenne de *Paspalum distichum*, *Ludwigia sp.* et *Eragostis pectinacea* par an

Pour *Eragostis pectinacea* (Figure 11) sa présence dépend beaucoup des années, mais son abondance moyenne reste modérée. Le genre *Ludwigia sp.* est quant à lui beaucoup plus présent et son abondance a tendance à augmenter au fil du temps. Enfin, *Paspalum distichum* montre une forte présence, presque tous les ans et une abondance moyenne qui augmente fortement dès 2006.

Pour vérifier l'impact de ces espèces sur leur environnement, il a été mesuré, pour *Paspalum distichum* (Tableau 9) et *Ludwigia sp.* (Tableau 10), leur impact sur la diversité de la placette au cours du temps.

Tableau 9 : Impact de *Paspalum distichum* sur la diversité de certaines placettes

		2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
Placette 110	Abondance	2,50	15,00	2,50			2,50	87,50	87,50	87,50
	Nombre d'espèce sur la placette	2	11	13			3	2	2	2
Placette 112	Abondance	2,5	2,5				87,50	87,50	87,50	87,50
	Nombre d'espèce sur la placette	4	10				5	1	1	1
Placette 210	Abondance		2,50	87,50	2,50	2,50	87,50	87,50	87,50	37,50
	Nombre d'espèce sur la placette		8	2	4	4	1	1	2	3

Tableau 10 : Impact de *Ludwigia* sp. sur la diversité de certaines placettes

		2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
Placette 209	Abondance			15	62,5	0,2	2,5			37,5
	Nombre d'espèce sur la placette			10	2	7	2			2
Placette 211	Abondance		2,5	37,5	37,5		87,5	37,5		15
	Nombre d'espèce sur la placette		6	2	2		2	3		3

Le nombre de taxons présent lors d'une abondance importante de *Paspalum distichum* ou *Ludwigia* sp. est inférieur que lorsque ces dernières n'ont pas envahies toutes les placettes.

Sur certaines placettes du site 1, des invasions importantes à la fois de *Paspalum distichum* et *Ludwigia* sp. ont été recensées comme le témoigne cette photo prise en 2014 (Figure 12), où à gauche se trouve les jussies, affleurantes de la Loire et à droite le paspale implanté sur la berge. Ce phénomène pourrait être visible sur la placette 114 en 2014 qui présente une abondance de 62.5 pour les deux espèces envahissantes.

Figure 12 : Exemple d'une invasion de *Paspalum distichum* et *Ludwigia* sp. sur le site 1 – Source Greulich Sabine

Dynamique sédimentaire

1) Analyse par site

Les données de granulométrie de 2004 et 2014 ont été analysées sous R par une ACP visible ci-dessous (Figure 13).

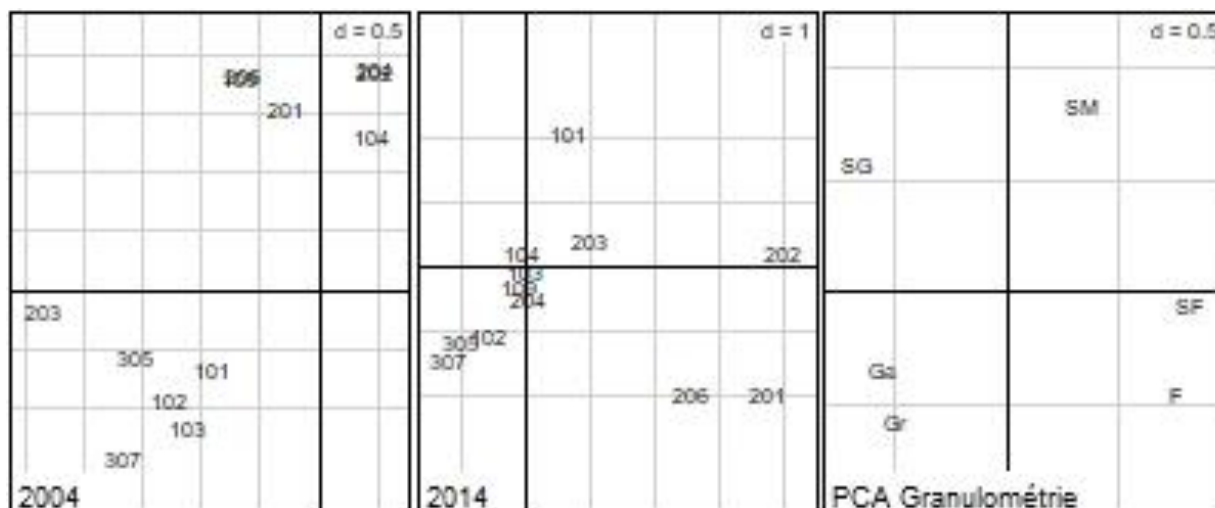


Figure 13 : ACP de la granulométrie en 2004 et 2014

La comparaison entre l'ACP de 2004 et 2014, permet de mettre en évidence que la composition granulométrique de certaines placettes n'a pas ou peu évolué en 10 ans, c'est le cas des placettes du site 3 (placettes 305 et 307) qui ont gardé une composition principalement constituée d'éléments grossiers. Sur le site 2, les sédiments en 2014 sont beaucoup plus fins (sauf pour la placette 204) avec de fortes proportions en fines pour les placettes 206 et 201 (plus de 80%). Les placettes du site 1 ont complètement perdu leur fraction de galets, néanmoins leur composition reste composée principalement de graviers et de sables grossiers et moyens.

En regardant maintenant les résultats par année (Figure 14), la tendance plutôt grossière des sédiments a, en 10 ans, évolué vers une composition plus mixte. Comme dit précédemment certaines

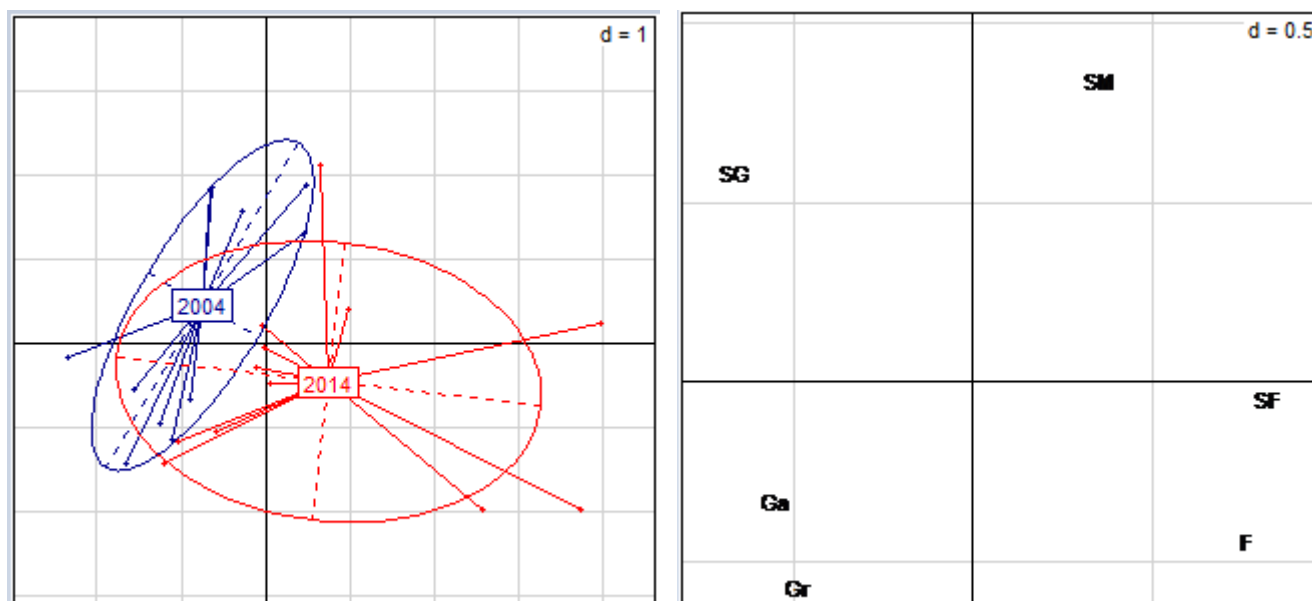


Figure 14 : ACP du changement de granulométrie entre 2004 et 2014

placettes se sont très largement affinées et d'autre ont plus ou moins gardées leur structure granulométrique.

2) Comparaison avec les données de végétation

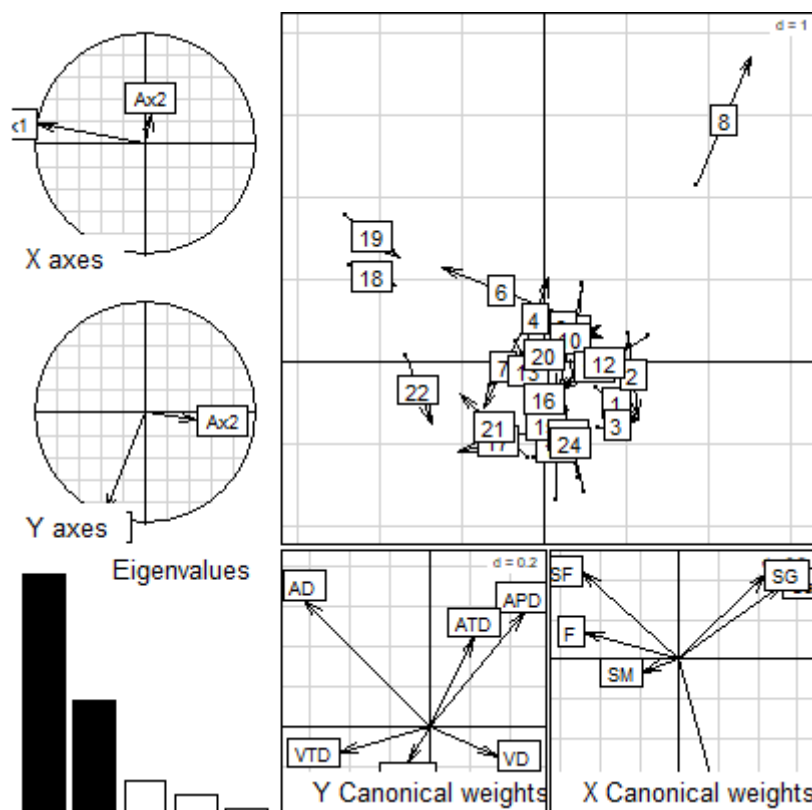


Figure 15 : Coenergie entre l'ACP de la végétation et l'ACP de la granulométrie

Le graphique de coenergie présenté ci-dessus (Figure 15) met en évidence une relation existante entre l'ACP de la végétation présenté précédemment et l'ACP de la granulométrie. Chaque numéro indiqué correspond à une placette pour une année précise comme présenté dans le tableau suivant (Tableau 11).

Tableau 11 : Signification des chiffres du graphique de la coenergie

2004		2014	
101	1	101	13
102	2	102	14
103	3	103	15
104	4	104	16
109	5	109	17
201	6	201	18
202	7	202	19
203	8	203	20
204	9	204	21
206	10	206	22
305	11	305	23
307	12	307	24

Afin de d'affirmer que cette coenercie est significative, un randtest a été réalisé (Figure 16)

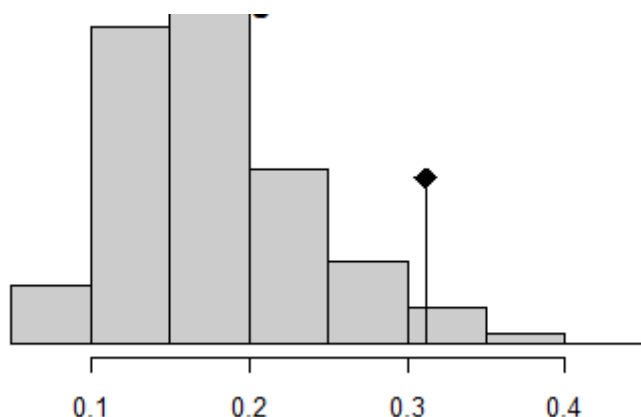


Figure 16 : Histogramme du randtest

Le résultat obtenu démontre qu'une construction significative est présente entre les deux ACP puisque la valeur repérée par la flèche se trouve presque à l'extérieur de l'histogramme.

Données topographiques

Les résultats topographiques mettent en avant que pour le site 3, les plus faibles hauteurs mesurées sont en 2014 pour 15 des 19 placettes (le site 3 est normalement constitué de 22 placettes mais 3 d'entre elles ne possèdent pas de mesures topographiques sur toute la durée de l'étude, la 313, 314 et 315).

Les trois figures ci-dessous représentent la différence de topographie entre 2004 et 2014 (Figure 17, 18 et 19)

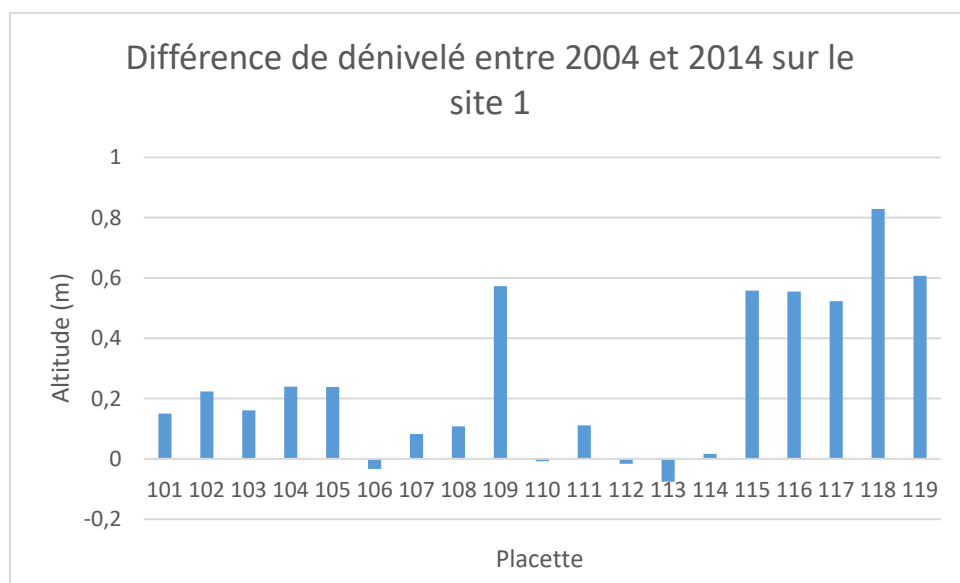


Figure 17 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 1

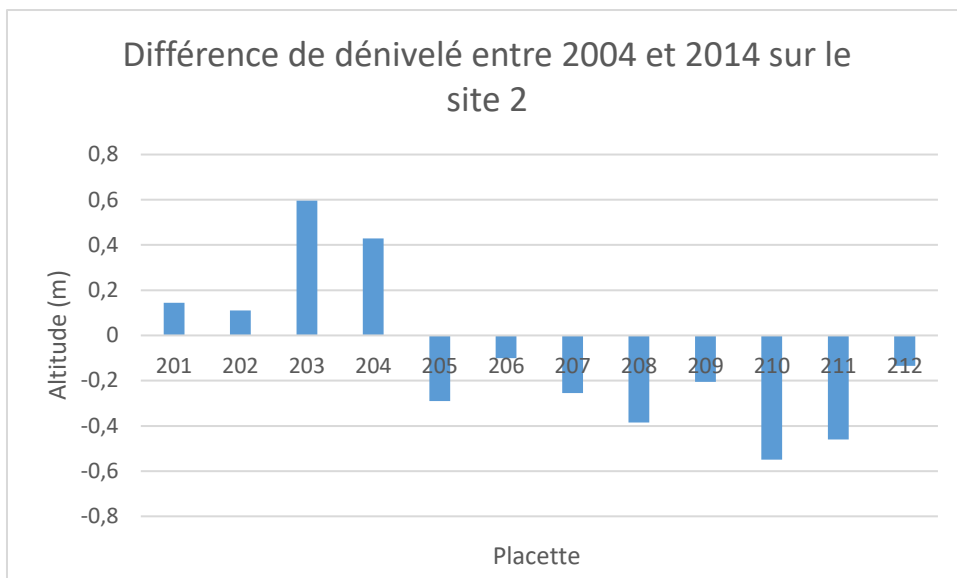


Figure 18 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 2

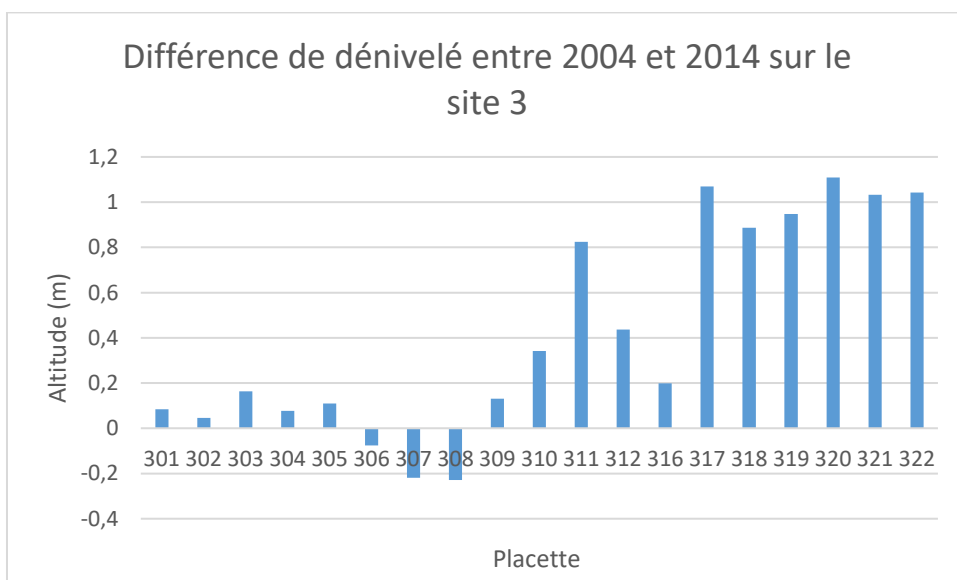


Figure 19 : Différence de dénivelé entre 2004 et 2014 sur le site 3

Localisation des différentes placettes de chaque site

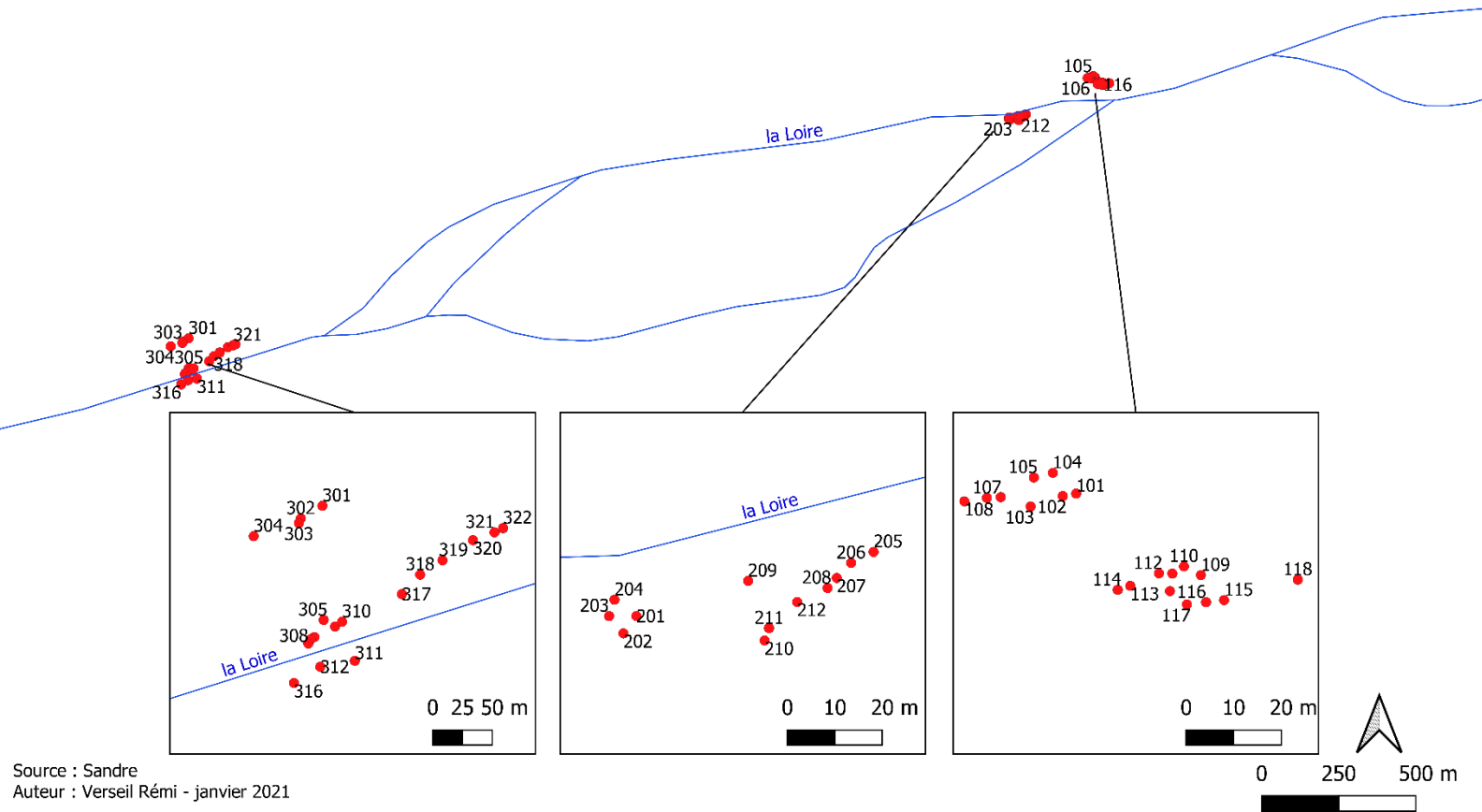


Figure 20 : Localisation des placettes de chaque site

Les placettes 109, 115, 116, 117, 118 et 119 se trouvent au plus près du fleuve (Figure 20), ces placettes ont perdu entre 0.5 et 0.8 mètre en 10 ans. Ce même phénomène est également visible pour le site 3, les placettes les plus éloignées (301, 302, 303, 304, 305, 306) ont eu tendance à ne pas trop évoluer topographiquement, alors que les autres placettes, bien plus proches du chenal, ont vu leur topographie chuter de plus d'un mètre pour certaines. Pour le site 2, le premier paquet de placette : 201, 202, 203, et 204 a vu sa topographie baisser alors que le deuxième paquet plus à l'Est composé des autres placettes du site a vu sa topographie augmenter.

Discussion

La végétation présente dans les placettes a démontré appartenir entre autres aux espèces pionnières attendues. Les communautés du *Chenopodion rubri*, *Heleochoion schoenoidis*, *Bidenton tripartitae* et *Salicion albae* semble présentent bien que celle du *Heleochoion schoenoidis* reste peu identifiée, mais comme le précise Cornier (2002), cette communauté a tendance à s'appauvrir. Ces résultats démontrent donc que les communautés pionnières de la Loire moyenne se retrouvent sur les sites d'étude. Néanmoins les trois espèces les plus présentes sur l'étude : *Paspalum distichum*, *Rorripa Sylvestris* et *Ludwigia sp.* ne font pas partie de ces communautés. L'espèce la plus recensée appartenant à l'une de ces communautés est *Corrigiola littoralis* qui est la quatrième espèce la plus présente de l'étude mais qui disparaît après 2012.

L'ACP comparant l'évolution des classes de végétaux définies selon leur cycle de vie et leur abondance moyenne montre au départ une composition plutôt mixte avec une légère dominance d'espèces annuelles qui va petit à petit se tourner vers une composition principalement vivace allant de dense à très dense, dû notamment à la forte prolifération de *Paspalum distichum* et *Ludwigia sp.* sur de nombreuses placettes. Cependant en 2013, un retour à une composition plus mixte est sûrement dû aux campagnes de défrichage des peupliers noirs (*Populus nigra*), cette tendance ne se fait plus voir à partir de 2014 puisque de jeunes plants ont repoussé.

Parmi l'ensemble des espèces identifiées, se retrouvent également de nombreuses espèces exotiques et envahissantes. Sept d'entre elles ont été déterminées (en associant *Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*), notamment 2 qui ont petit à petit envahi les sites, c'est le cas de *Ludwigia sp.* et *Paspalum distichum* puisque *Eragrostis pectinacea* a vu sa présence fortement diminuer en fin d'étude. Ces espèces ont gravement impacté leur environnement puisqu'une forte perte de diversité est visible dès lors qu'elles sont présentes en forte abondance, ce qui est fréquemment le cas puisque des abondances de 87.5 sont souvent visibles. *Paspalum distichum* reste la plus présente et est même celle la plus détectée de toute l'étude.

D'un point de vue sédimentaire, la granulométrie a évolué entre 2004 et 2014 passant d'un ensemble plutôt composé d'éléments grossiers tels que des galets, des graviers et du sable grossier à une composition plus mixte au sein des différentes placettes. Le site 2 a eu tendance à beaucoup s'affiner. Les résultats démontrent que le changement de végétation entre 2004 et 2014 serait un facteur ayant impacté la structure granulométrique.

La topographie des sites démontre un changement important entre 2004 et 2014 notamment sur le site 3. Ce changement est dû au fait que la Loire a légèrement dévié de sa position initiale, creusant ainsi à l'emplacement des placettes. Ce phénomène est également visible sur les placettes 203 et 204 du site 2 et 115, 116, 117, 118, 119 du site 1 où la même hypothèse peut être faite expliquant le peu de relevé de végétation en ces lieux.

Conclusion

29

Cette étude basée sur un ensemble de données de végétation, de granulométrie et de topographie a permis de démontrer que les communautés pionnières de la Loire étaient bien présentes sur les sites d'étude mais que ces dernières ont également été affectées par différentes espèces exotiques et envahissantes qui ont impacté leur développement. La végétation en 10 ans a beaucoup évolué passant d'une composition mixte à tendance annuelle à une composition principalement composée de plantes vivaces dense. Ce changement de végétation a impacté son environnement puisque la composition granulométrique s'est vue changée.

Bibliographie

- Baniya, Mahendra B., Takashi Asaeda, Takeshi Fujino, Senavirathna MDH Jayasanka, Guligena Muhetaer, et Jinghao Li. 2020. « Mechanism of Riparian Vegetation Growth and Sediment Transport Interaction in Floodplain: A Dynamic Riparian Vegetation Model (DRIPVEM) Approach ». *Water* 12(1):77.
- Corenblit, Dov, Johannes Steiger, Angela M. Gurnell, Eric Tabacchi, et Lydie Roques. 2009. « Control of sediment dynamics by vegetation as a key function driving biogeomorphic succession within fluvial corridors ». *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group* 34(13):1790-1810.
- Cornier, DE. 2002. « LA VEGETATION ALLUVIALE DE LA LOIRE ENTRE LE CHAROLAIS ET L'ANJOU: ESSAI DE MODELISATION ». PhD Thesis, Université de Metz.
- Cornier, Thierry. 2002. « La végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou: essai de modélisation de l'hydrosystème ». PhD Thesis.
- Greulich, Sabine, Hermann Guitton, et Pascal Lacroix. 2016a. « Habitats et végétation de la plaine inondable ». *La Loire fluviale et estuarienne—un milieu en évolution* 174-85.
- Greulich, Sabine, Hermann Guitton, et Pascal Lacroix. 2016b. « Habitats et végétation de la plaine inondable ». *La Loire fluviale et estuarienne—un milieu en évolution* 174-85.
- Hudin, S., et P. Vahrameev. 2010. « Guide d'identification des plantes exotiques envahissant les milieux aquatiques et les berges du bassin Loire-Bretagne ». *Fédération des Conservatoires d'espaces naturels* 45.
- Jacquet, K., et R. Prodon. s. d. « Analyses multivariées avec ade4 dans R ». 32.
- Moyle, Peter B., et Theo Light. 1996. « Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory ». *Biological conservation* 78(1-2):149-61.
- Ruau, Brigitte. 2008. « Les plantes envahissantes des corridors fluviaux: traits biologiques, impacts de *Ludwigia peploides* et *L. grandiflora* en Loire moyenne et implications pour la gestion ». PhD Thesis.
- Wikum, Douglas A., et G. Frederick Shanholtzer. 1978. « Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies ». *Environmental management* 2(4):323-29.

Annexes

I. Mailles utilisées pour les classes granulométrique

Classes	Galets	Graviers	Sable grossiers	Sable moyens	Sables fins	Fines
Maille (mm)	50	25	1.6	0.4	0.16	0
	40	20	1.25	0.315	0.125	
	31.15	16	1	0.25	0.1	
		12.5	0.8	0.2	0.08	
		10	0.63		0.063	
		8	0.5		0.05	
		6.3				
		5				
		4				
		3.15				
		2.5				
		2				

II. Espèces avec moins de trois identifications durant la période d'étude

2

Espèces	Nombre d'identification	Espèces	Nombre d'identification
<i>Amaranthus blitum</i>	1	<i>Matricaria chamomilla</i>	1
<i>Amaranthus hybridus subsp. Bouchonii</i>	1	<i>Mentha sp.</i>	2
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	1	<i>Najas marina</i>	2
<i>Asteracea sp</i>	1	<i>Persicaria hydropiper</i>	1
<i>Barbarea vulgaris</i>	1	<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Bidens sp</i>	2	<i>Potamogeton crispus</i>	2
<i>Bidens tripartita</i>	1	<i>Potamogeton nodosus</i>	1
<i>Bryophytes</i>	1	<i>Rumex sp</i>	1
<i>Chenopodium sp</i>	1	<i>Salix alba x fragilis</i>	1
<i>Cyperus flavescens</i>	2	<i>Salix alba x triandra</i>	1
<i>Cyperus michelianus</i>	2	<i>Solanum dulcamara</i>	1
<i>Datura stramonium</i>	2	<i>Solanum lycopersicum</i>	1
<i>Elodea nuttallii</i>	2	<i>Solanum nigrum</i>	2
<i>Erigeron canadensis</i>	2	<i>Stachys sp</i>	2
<i>Lemna ssp</i>	2	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	2
<i>Lythrum salicaria</i>	1	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	1

III. Espèces apparues à partir de 2007

33

Espèces	Année d'apparition	Espèces	Année d'apparition
Algues filamenteuses	2008	Persicaria hydropiper	2014
Atriplex prostrata	2010	Persicaria mitis	2010
Azolla filiculoides	2007	Phalaris arundinacea	2010
Barbarea vulgaris	2010	Plantago lanceolata	2007
Bidens frondosa	2007	Potamogeton crispus	2008
Bidens tripartita	2013	Potamogeton nodosus	2010
Bryophytes	2007	Ranunculus fluitans	2007
Carex sp	2010	Rumex sp	2010
Ceratophyllum demersum	2007	Salix alba x fragilis	2013
Echinocloa muricata	2010	Salix alba x triandra	2010
Elodea nuttallii	2010	Solanum dulcamara	2013
Equisetum sp	2012	Spirodella polyrhiza	2007
Erigeron canadensis	2007	Stachys sp	2008
Lemna minor	2007	Stuckenia pectinata	2008
Lemna minuta	2010	Symphyotrichum lanceolatum	2008
Ludwigia grandiflora	2007	Tripleurospermum inodorum	2008
Lythrum salicaria	2010	Najas marina	2007
Myriophyllum spicatum	2007		

IV. Espèces recherchées pour la communauté du *Heleochloion schoenoidis* par site

34

<i>Heleochloion schoenoidis</i> Site 1									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Cyperus fuscus</i>			X						
<i>Cyperus michelianus</i>									

<i>Heleochloion schoenoidis</i> Site 2									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Cyperus fuscus</i>		X	X					X	
<i>Cyperus michelianus</i>		X							

<i>Heleochloion schoenoidis</i> Site 3									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Cyperus fuscus</i>			X						
<i>Cyperus michelianus</i>			X						

V. Espèces recherchées pour la communauté du *Chenopodion rubri* par site*Chenopodion rubri* Site 1

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Oxybasis rubra</i>			X						
<i>Dysphania ambrosioides</i>			X			X			
<i>Corrigiola littoralis</i>	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Amaranthus blitum</i>									
<i>Cyperus fuscus</i>			X						
<i>Echinochloa muricata</i>								X	
<i>Persicaria lapathifolia</i>		X	X		X	X		X	
<i>Xanthium sp.</i>		X	X	X	X	X			

Chenopodion rubri Site 2

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Oxybasis rubra</i>									
<i>Dysphania ambrosioides</i>								X	
<i>Corrigiola littoralis</i>	X	X			X				
<i>Amaranthus blitum</i>									
<i>Cyperus fuscus</i>		X	X					X	
<i>Echinochloa muricata</i>									X
<i>Persicaria lapathifolia</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>Xanthium sp.</i>			X					X	X

Chenopodion rubri Site 3

Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Oxybasis rubra</i>							X		
<i>Dysphania ambrosioides</i>									
<i>Corrigiola littoralis</i>	X	X	X		X	X	X		
<i>Amaranthus blitum</i>			X						
<i>Cyperus fuscus</i>			X						
<i>Echinochloa muricata</i>						X			
<i>Persicaria lapathifolia</i>		X	X		X	X			
<i>Xanthium sp.</i>	X								

VI. Espèces recherchées pour la communauté du *Bidention tripartitae* par site

36

<i>Bidention tripartitae</i> Site 1									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Bidens tripartita</i>									
<i>Bidens frondosa</i>				X	X	X	X	X	X
<i>Persicaria lapathifolia</i>		X	X		X	X		X	
<i>Persicaria hydropiper</i>									
<i>Cyperus esculentus</i>		X	X	X	X	X	X		
<i>Echinochloa crus-galli</i>		X	X		X				

<i>Bidention tripartitae</i> Site 2									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Bidens tripartita</i>							X		
<i>Bidens frondosa</i>					X	X	X	X	X
<i>Persicaria lapathifolia</i>	X	X	X		X	X		X	X
<i>Persicaria hydropiper</i>									X
<i>Cyperus esculentus</i>	X	X			X				
<i>Echinochloa crus-galli</i>		X			X			X	X

<i>Bidention tripartitae</i> Site 3									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Bidens tripartita</i>									
<i>Bidens frondosa</i>									
<i>Persicaria lapathifolia</i>		X	X		X	X			
<i>Persicaria hydropiper</i>									
<i>Cyperus esculentus</i>	X		X		X	X	X		
<i>Echinochloa crus-galli</i>									

VII. Espèces recherchées pour la communauté du *Salicion albae* par site

37

<i>Salicion albae</i> Site 1									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Salix alba</i>						X	X		X
<i>Populus nigra</i>	X	X	X			X	X	X	X

<i>Salicion albae</i> Site 2									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Salix alba</i>							X	X	
<i>Populus nigra</i>			X			X			

<i>Salicion albae</i> Site 3									
Espèce	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2013	2014
<i>Salix alba</i>		X	X						
<i>Populus nigra</i>	X		X			X		X	X

VIII. Coordonnées des placettes de l'ACP

Année	Placette	Axe 1	Axe 2	Année	Placette	Axe 1	Axe 2	Année	Placette	Axe 1	Axe 2
2004	101	-0,302	-0,114	2005	101	-0,251	-0,138	2006	101	-0,062	-0,575
2004	102	-0,341	-0,088	2005	102	-0,401	0,061	2006	102	0,476	0,448
2004	103	-0,272	-0,125	2005	103	-0,243	-0,136	2006	103	-0,291	-0,113
2004	104	-1,999	1,060	2005	104	-1,313	-0,085	2006	104	-4,762	3,203
2004	105	-0,388	1,520	2005	105	-1,513	0,064	2006	105	-6,589	1,480
2004	106	-0,908	0,172	2005	106	-0,391	-0,145	2006	106	-1,480	-0,815
2004	107	-0,574	0,383	2005	107	-0,544	0,378	2006	107	-0,481	0,015
2004	108	-0,348	0,170	2005	108	-0,932	-0,077	2006	108	-0,253	-0,121
2004	109	0,128	0,572	2005	109	-0,202	0,496	2006	109	-3,246	2,056
2004	110	0,134	0,527	2005	110	-0,925	0,389	2006	110	-2,342	-0,397
2004	111	0,450	0,430	2005	111	-0,044	0,529	2006	111	-1,645	-0,220
2004	112	0,334	0,581	2005	112	0,496	0,441	2006	112	-1,153	0,619
2004	113	0,005	0,480	2005	113	0,496	0,441	2006	113	-1,553	-0,082
2004	114	0,467	0,452	2005	114	0,496	0,441	2006	114	-1,963	0,015
2004	115	0,496	0,441	2005	115	0,496	0,441	2006	115	0,496	0,441
2004	116	0,496	0,441	2005	116	0,496	0,441	2006	116	0,496	0,441
2004	117	0,496	0,441	2005	117	0,496	0,441	2006	117	0,496	0,441
2004	118	0,496	0,441	2005	118	0,496	0,441	2006	118	0,496	0,441
2004	119	0,496	0,441	2005	119	0,496	0,441	2006	119	-0,494	1,291
2004	201	-1,851	3,370	2005	201	-0,139	0,734	2006	201	0,358	0,416
2004	202	0,553	-0,816	2005	202	0,218	-0,159	2006	202	0,698	-1,259
2004	203	-7,421	2,303	2005	203	-1,311	1,204	2006	203	-3,935	0,880
2004	204	-0,896	0,444	2005	204	-0,654	0,551	2006	204	0,464	-0,391
2004	205	0,596	-0,292	2005	205	-0,047	0,019	2006	205	-0,823	-1,922
2004	206	0,496	0,441	2005	206	0,340	-0,259	2006	206	0,728	-1,559
2004	207	-0,298	-0,631	2005	207	0,496	0,441	2006	207	0,712	-1,286
2004	208	0,288	0,128	2005	208	-1,473	-1,716	2006	208	0,728	-1,269
2004	209	-1,612	-0,957	2005	209	-2,287	-1,003	2006	209	-0,847	-2,811

2004	210	0,496	0,441	2005	210	-0,579	1,890	2006	210	0,767	-1,563
2004	211	0,496	0,441	2005	211	-0,648	1,732	2006	211	0,761	-1,514
2004	212	0,496	0,441	2005	212	-0,245	0,507	2006	212	0,767	-1,563
2004	301	0,487	0,433	2005	301	0,380	0,296	2006	301	-0,293	0,402
2004	302	0,488	0,438	2005	302	0,496	0,441	2006	302	0,503	0,392
2004	303	0,373	0,345	2005	303	-0,243	-0,136	2006	303	0,373	0,345
2004	304	0,467	0,452	2005	304	0,496	0,441	2006	304	-0,156	0,230
2004	305	0,380	0,392	2005	305	0,367	0,626	2006	305	0,496	0,441
2004	306	0,467	0,452	2005	306	0,496	0,441	2006	306	0,496	0,441
2004	307	0,388	0,406	2005	307	0,496	0,441	2006	307	0,496	0,441
2004	308	0,457	0,444	2005	308	0,496	0,441	2006	308	0,496	0,441
2004	309	0,496	0,441	2005	309	0,496	0,441	2006	309	0,496	0,441
2004	310	0,307	0,353	2005	310	0,496	0,441	2006	310	0,496	0,441
2004	311	0,368	0,270	2005	311	0,496	0,441	2006	311	0,007	-0,213
2004	312	0,373	0,345	2005	312	0,496	0,441	2006	312	0,502	0,330
2004	313	0,496	0,378	2005	313	0,496	0,441	2006	313	0,496	0,441
2004	314	0,497	0,437	2005	314	0,496	0,441	2006	314	0,496	0,441
2004	315	0,496	0,441	2005	315	0,496	0,441	2006	315	0,496	0,441
2004	316	0,496	0,441	2005	316	0,496	0,441	2006	316	-1,893	1,157
2004	317	0,496	0,441	2005	317	0,503	0,392	2006	317	0,499	0,145
2004	318	0,496	0,441	2005	318	0,128	0,576	2006	318	0,246	0,469
2004	319	0,496	0,441	2005	319	-2,731	5,034	2006	319	-1,200	1,490
2004	320	0,496	0,441	2005	320	0,269	0,651	2006	320	0,351	-0,545
2004	321	0,496	0,441	2005	321	0,444	0,414	2006	321	-0,407	1,150
2004	322	0,496	0,441	2005	322	0,503	0,392	2006	322	-0,165	-0,706
2007	101	0,370	0,311	2008	101	-1,111	0,033	2010	101	-1,726	-2,096
2007	102	-0,991	-0,701	2008	102	-0,474	-0,267	2010	102	-1,149	1,727
2007	103	0,487	0,433	2008	103	-1,976	1,134	2010	103	-1,489	1,384
2007	104	-2,614	1,055	2008	104	-0,627	-0,012	2010	104	0,178	-2,340
2007	105	-1,052	0,698	2008	105	-0,019	0,549	2010	105	0,154	-0,728

2007	106	0,128	0,576	2008	106	-1,470	-1,043	2010	106	0,309	-0,459
2007	107	-1,348	-1,083	2008	107	-2,132	-0,505	2010	107	-1,306	-2,354
2007	108	0,643	-0,769	2008	108	-2,621	-1,937	2010	108	-1,123	-2,748
2007	109	0,541	-0,938	2008	109	0,496	0,441	2010	109	-0,312	-0,464
2007	110	0,541	-0,938	2008	110	-0,035	0,502	2010	110	0,374	0,578
2007	111	0,537	-0,270	2008	111	0,478	0,430	2010	111	-1,545	-1,252
2007	112	0,496	0,378	2008	112	0,364	0,236	2010	112	-2,721	-1,926
2007	113	-0,067	-0,595	2008	113	0,476	0,448	2010	113	0,165	0,032
2007	114	0,496	0,441	2008	114	0,496	0,441	2010	114	0,496	0,441
2007	115	0,496	0,441	2008	115	0,496	0,441	2010	115	0,489	0,427
2007	116	0,496	0,441	2008	116	0,496	0,441	2010	116	0,496	0,441
2007	117	0,496	0,441	2008	117	0,496	0,441	2010	117	0,313	0,105
2007	118	0,728	-1,269	2008	118	0,496	0,441	2010	118	0,313	0,105
2007	119	0,398	0,259	2008	119	0,496	0,441	2010	119	0,489	0,427
2007	201	0,470	0,346	2008	201	-5,099	-0,604	2010	201	-3,319	-5,813
2007	202	0,728	-1,269	2008	202	-0,293	-1,345	2010	202	0,728	-1,269
2007	203	0,364	0,570	2008	203	-4,092	0,137	2010	203	-1,825	-3,369
2007	204	-0,021	-1,835	2008	204	-1,313	-3,236	2010	204	0,950	-3,747
2007	205	0,662	-0,785	2008	205	0,496	0,441	2010	205	0,728	-1,269
2007	206	0,602	-0,341	2008	206	-0,976	-2,251	2010	206	0,827	-2,002
2007	207	0,734	-1,318	2008	207	0,405	0,273	2010	207	0,542	-1,223
2007	208	0,728	-1,269	2008	208	0,380	0,392	2010	208	0,729	-1,554
2007	209	0,662	-0,785	2008	209	0,342	0,237	2010	209	0,734	-1,318
2007	210	0,675	-1,297	2008	210	0,311	0,053	2010	210	0,728	-1,269
2007	211	0,566	-0,281	2008	211	-0,156	0,230	2010	211	0,893	-2,491
2007	212	0,602	-0,341	2008	212	0,388	0,406	2010	212	0,718	-1,277
2007	301	0,496	0,441	2008	301	-0,113	0,442	2010	301	-0,641	0,011
2007	302	0,496	0,441	2008	302	0,503	0,392	2010	302	-1,708	1,205
2007	303	0,496	0,441	2008	303	0,373	0,345	2010	303	-0,003	0,467
2007	304	0,496	0,441	2008	304	0,496	0,441	2010	304	0,374	0,341

2007	305	0,496	0,441	2008	305	0,496	0,441	2010	305	0,496	0,441
2007	306	0,496	0,441	2008	306	0,496	0,441	2010	306	-2,112	1,406
2007	307	0,496	0,441	2008	307	0,496	0,441	2010	307	-0,031	0,773
2007	308	0,496	0,441	2008	308	0,496	0,441	2010	308	0,360	0,613
2007	309	0,496	0,441	2008	309	0,496	0,441	2010	309	-3,563	-0,187
2007	310	0,496	0,441	2008	310	-1,715	1,254	2010	310	-1,829	1,048
2007	311	0,496	0,441	2008	311	0,496	0,441	2010	311	0,496	0,441
2007	312	0,496	0,441	2008	312	0,496	0,441	2010	312	0,496	0,441
2007	313	0,496	0,441	2008	313	0,496	0,441	2010	313	0,496	0,441
2007	314	0,496	0,441	2008	314	0,496	0,441	2010	314	0,496	0,441
2007	315	0,496	0,441	2008	315	0,496	0,441	2010	315	0,496	0,441
2007	316	0,496	0,441	2008	316	0,496	0,441	2010	316	0,496	0,441
2007	317	0,496	0,441	2008	317	0,007	0,419	2010	317	0,496	0,441
2007	318	0,496	0,441	2008	318	0,037	0,404	2010	318	0,496	0,441
2007	319	0,496	0,441	2008	319	0,496	0,441	2010	319	0,496	0,441
2007	320	0,496	0,441	2008	320	0,373	0,345	2010	320	0,496	0,441
2007	321	0,496	0,441	2008	321	-1,630	-0,061	2010	321	0,496	0,441
2007	322	0,496	0,441	2008	322	0,496	0,441	2010	322	0,496	0,441
2012	101	0,412	0,457	2013	101	0,477	0,390	2014	101	0,536	0,148
2012	102	-0,281	0,738	2013	102	0,472	0,422	2014	102	0,480	0,416
2012	103	0,059	0,613	2013	103	-0,203	0,157	2014	103	0,250	0,482
2012	104	-0,601	-1,580	2013	104	-6,068	1,576	2014	104	0,405	0,269
2012	105	-1,807	1,086	2013	105	0,367	0,277	2014	105	-1,238	-1,994
2012	106	0,647	-1,246	2013	106	-6,502	-2,224	2014	106	0,758	-1,570
2012	107	0,630	-1,455	2013	107	-2,553	-1,429	2014	107	-0,198	-2,076
2012	108	0,570	-0,949	2013	108	-10,39	-2,906	2014	108	-3,203	-3,284
2012	109	0,542	0,036	2013	109	0,734	-1,318	2014	109	-0,292	-1,594
2012	110	0,718	-1,277	2013	110	0,728	-1,273	2014	110	0,734	-1,318
2012	111	0,728	-1,269	2013	111	0,728	-1,273	2014	111	0,728	-1,269
2012	112	0,728	-1,269	2013	112	0,728	-1,269	2014	112	0,728	-1,269

2012	113	0,605	-1,365	2013	113	0,728	-1,269	2014	113	0,728	-1,269
2012	114	0,767	-1,563	2013	114	0,827	-2,002	2014	114	0,827	-2,002
2012	115	0,496	0,441	2013	115	0,496	0,441	2014	115	0,405	0,273
2012	116	0,489	0,427	2013	116	0,496	0,441	2014	116	-0,052	-0,568
2012	117	0,489	0,427	2013	117	0,496	0,441	2014	117	0,405	0,273
2012	118	0,496	0,441	2013	118	0,496	0,441	2014	118	0,496	0,441
2012	119	0,596	-0,296	2013	119	0,496	0,441	2014	119	0,496	0,441
2012	201	-0,116	-0,063	2013	201	0,496	0,441	2014	201	-1,744	2,908
2012	202	0,626	-1,353	2013	202	0,496	0,441	2014	202	-1,934	3,699
2012	203	0,628	-1,444	2013	203	0,496	0,441	2014	203	-1,153	-0,097
2012	204	0,496	0,441	2013	204	0,496	0,441	2014	204	0,307	-0,542
2012	205	-0,759	-2,425	2013	205	-0,020	-1,849	2014	205	0,496	-1,168
2012	206	0,728	-1,269	2013	206	0,695	-1,025	2014	206	0,767	-1,563
2012	207	0,827	-2,002	2013	207	0,719	-1,272	2014	207	0,496	0,441
2012	208	0,728	-1,273	2013	208	0,728	-1,269	2014	208	0,767	-1,563
2012	209	-0,011	-1,846	2013	209	-2,582	3,053	2014	209	-3,309	-0,789
2012	210	0,728	-1,269	2013	210	0,734	-1,318	2014	210	0,820	-2,016
2012	211	0,718	-2,037	2013	211	-2,846	-4,209	2014	211	0,676	-1,731
2012	212	-0,057	-0,503	2013	212	0,728	-1,269	2014	212	0,827	-2,002
2012	301	0,052	0,577	2013	301	0,252	0,187	2014	301	-0,052	-0,568
2012	302	0,111	0,574	2013	302	0,404	0,210	2014	302	0,488	0,438
2012	303	0,118	0,569	2013	303	0,109	0,566	2014	303	0,496	0,441
2012	304	0,457	0,444	2013	304	0,375	0,284	2014	304	0,496	0,441
2012	305	0,496	0,441	2013	305	0,486	0,456	2014	305	0,496	0,441
2012	306	0,496	0,441	2013	306	0,496	0,441	2014	306	0,496	0,441
2012	307	0,496	0,441	2013	307	0,496	0,441	2014	307	0,496	0,441
2012	308	0,496	0,441	2013	308	0,487	0,433	2014	308	0,496	0,441
2012	309	0,486	0,456	2013	309	0,496	0,441	2014	309	0,496	0,441
2012	310	0,457	0,444	2013	310	0,496	0,441	2014	310	0,496	0,441
2012	311	0,496	0,441	2013	311	0,496	0,441	2014	311	0,496	0,441

2012	312	0,496	0,441	2013	312	0,496	0,441	2014	312	0,496	0,441
2012	313	0,496	0,441	2013	313	0,496	0,441	2014	313	0,496	0,441
2012	314	0,496	0,441	2013	314	0,496	0,441	2014	314	0,496	0,441
2012	315	0,496	0,441	2013	315	0,496	0,441	2014	315	0,496	0,441
2012	316	0,496	0,441	2013	316	0,496	0,441	2014	316	0,388	0,406
2012	317	0,496	0,441	2013	317	0,496	0,441	2014	317	0,488	0,438
2012	318	0,496	0,441	2013	318	0,496	0,441	2014	318	0,496	0,441
2012	319	0,496	0,441	2013	319	0,496	0,441	2014	319	0,388	0,406
2012	320	0,496	0,441	2013	320	0,496	0,441	2014	320	0,496	0,441
2012	321	0,496	0,441	2013	321	0,496	0,441	2014	321	0,496	0,441
2012	322	0,496	0,441	2013	322	0,496	0,441	2014	322	0,496	0,441

	Comp1	Comp2
APD	-0,691	0,221
AD	-0,349	0,436
ATD	-0,740	-0,208
VPD	-0,229	-0,365
VD	-0,480	-0,326
VTD	0,117	-0,755

IX. Nombre de relevés et abondance moyenne des espèces exotiques et envahissantes les plus présentes

<i>Eragostis pectinacea</i>		
Année	Abondance moyenne	Nombre de relevés
2004	15,52	10
2005	15,58	9
2006	12,34	13
2007	7,60	2
2008	13,48	11
2010	6,67	3
2012	0,00	0
2013	22,01	9
2014	0,20	1

<i>Ludwigia sp.</i>		
Année	Abondance moyenne	Nombre de relevés
2004	10,68	4
2005	2,50	4
2006	14,75	9
2007	48,18	15
2008	4,48	4
2010	30,02	10
2012	13,02	6
2013	23,33	7
2014	34,05	13

<i>Paspalum distichum</i>		
Année	Abondance moyenne	Nombre de relevés
2004	17,00	5
2005	15,21	13
2006	51,72	16
2007	20,51	11
2008	44,43	4
2010	50,66	20
2012	65,02	17
2013	53,03	20
2014	42,97	22

Rémi Verseil

PFE/DAE5

Filière IMA

2020-2021

Directeur de recherche : Sabine Greulich

Etude des changements de végétation et de substrat des plaines alluviales de la Loire moyenne

Résumé :

La Loire est le plus long fleuve de France et reste le dernier fleuve qui a gardé une certaine liberté morphologique, sédimentaire et écologique qui se traduit par le développement de successions végétales originales peu impactées par les activités humaines. C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée, mettant en avant l'évolution de la dynamique végétale et sédimentaire entre 2004 et 2014 présente sur différentes placettes réparties sur trois sites. Cette végétation a subi au cours de ces 10 ans une évolution qui s'est traduite par une modification de la composition et de l'abondance des espèces, voyant l'arrivée de certaines espèces exotiques et envahissantes. Cette modification a également surement impacté les sédiments, qui ont vu leur granulométrie changer.

Mots Clés : Végétation – Substrat – Loire – Plaine alluviale