

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2019

Impact des travaux d'entretien du lit mineur de la Loire moyenne sur la végétation et les banques de graines des milieux pionniers



Source: INRA

Sous la direction de Sabine Greulich

Loïc Le Hingrat

**Impact des travaux d'entretien du lit mineur de
la Loire moyenne sur la végétation et les
banques de graines des milieux pionniers**

**Sabine Greulich
2019-2020**

Loïc Le Hingrat

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 de cette recherche a 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.

REMERCIEMENTS

Je remercie Sabine Greulich pour l'encadrement durant ce projet de fin d'étude. Je remercie également l'ensemble des personnes ayant contribué à l'obtention et/ou au traitement des données utilisées dans ce rapport.

SOMMAIRE

Introduction.....	1
Matériel et Méthode.....	3
Sites d'études.....	3
Analyse statistique.....	3
Résultats.....	6
Résultats pour les banques de graines.....	6
Résultats pour la végétation.....	9
Résultat pour la comparaison entre les graines et la végétation.....	10
Discussion.....	11
Résultat des graines.....	11
Végétation.....	12
Relation entre la végétation et les banques de graines.....	13
Limite de l'étude.....	14
Conclusion.....	16
Bibliographie.....	17
Annexe.....	19

Table des figures

Figure 1: Carte montrant la disposition des sites d'étude le long de la Loire moyenne.....	3
Figure 2: Clé montrant le cheminement de la notation pour la patrimonialité (Meheust, 2017).....	5
Figure 3: Diagramme de Tukey en fonction du nombre de graines contenue dans les banques de graine.....	6
Figure 4: Richesse spécifique des banques de graines à l'échelle de la placette.....	6
Figure 5a: Ordination des espèces le long des différents axes.....	8
Figure 5b: Ordination des sites selon la composition de leurs banques de graines.....	8
Figure 6a: Ordination des espèces le long des différents axes.....	9
Figure 6b: Ordination des sites selon la richesse spécifique de leurs végétations établie.....	10
Figure 7: Histogramme représentant l'indice de Sorensen comparant la végétation en place et la banque de graines.....	11
Figure 8: Boxplot montrant la diversité (indices de Simpson) des banques de graines en fonction de la réalisation ou non de travaux et de l'année d'échantillonnage.....	14
Formule 1: Formule de calcul pour l'indice de Simpson.....	4
Formule 2: Formule de calcul pour l'indice de Sorensen.....	4
Tableau 1: Tableau récapitulatif des analyses de Kruskal et Wallis pour la banque de graines comparant les résultats des sites avec travaux et des sites sans travaux.....	7
Tableau 2: Nombre moyen d'espèces «problématique» et «à intérêt» dans les banques de graines à l'échelle du quadrat.....	7

Introduction

La Loire est un fleuve à la confluence de plusieurs enjeux: environnementaux avec des habitats rares permettant la vie à de nombreuses espèces (Greulich et al, 2016); mais aussi sociétaux (Burnouf et al, 2009). Historiquement la Loire a subi de nombreux travaux d'aménagement afin de satisfaire des utilisations sociétales. Dès le IX^{ème} siècle, les premières levées temporaires et submersibles ont commencées à être installées (Burnouf et Carcaud, 1999). Cependant c'est à partir du XI^{ème} siècle que les premiers ouvrages continus et insubmersibles ont commencés à être installés afin de satisfaire des besoins de plus en plus importants (pêcherie, rouillage, navigation, ...). C'est seulement dans la première moitié du XIX^{ème} siècle que les travaux d'aménagement de la Loire ont commencé à diminuer (Gautier et al, 2007). . Donc à partir du XIX^{ème} siècle jusqu'à nos jours, la stabilisation des formes fluviales principalement due à la faible répétition de crues morphogènes a permis l'évolution des communautés végétales pionnières vers des stades plus avancés (forêts alluviales). Cela a eu pour impact de fortement diminuer la bande active de la Loire moyenne (Gautier et al, 2007). En plus de ce phénomène, la diminution de l'entretien de la Loire provoquée par un désintérêt de son utilisation et un changement des usages (forte baisse de la navigation, diminution des pratiques agro-pastorales, exodes rurales, forte extraction de sédiments) au XIX^{ème} siècle a avantagé la végétalisation du lit (Grivel et Gautier, 2012). Pour pallier à cette végétalisation croissante, de nombreux travaux d'entretien sont mis en place notamment pour réduire le risque d'inondation. Les travaux d'entretien sont de différents types: arasement, dessouchage, scarification, ... (Wintenberger, 2015). L'impact des travaux d'entretien sur la biodiversité devient une nouvelle inquiétude et des études sont réalisées à ce sujet. C'est pourquoi le projet Biomareau commence en 2012 soutenu par le plan Loire Grandeur-Nature. La première phase du projet avait pour but d'étudier les conséquences des travaux d'entretien du lit de la Loire sur plusieurs composantes de la biodiversité au sein de la mosaïque des îles de Mareau-aux-prés (45), (Villar, 2018). En 2015, à la fin de ce projet, un deuxième volet est créé (Projet Biomareau-II) dont le but est d'étudier sur trois années la dynamique sédimentaire et la recolonisation progressive par différentes composantes de la biodiversité. Mais aussi à l'échelle de la Loire moyenne d'évaluer les différentes conséquences d'activités anthropiques, dont les travaux d'entretiens du lit sur la végétation. L'un des volets du projet Biomareau-II concerne les banques de graines des grèves. L'intérêt de travailler sur les banques de graines vient du fait que les graines contenues dans le sol d'un site sont la «mémoire» des végétations antérieures de ce même site. La banque de graines peut être définie comme étant les graines contenues naturellement dans le sol formant alors un stock de graine qui suivant leurs viabilités et les conditions de germination, germeront quand l'ensemble de ces conditions seront réunies (Niollet et al, 2014). Les graines sont également la principale forme sous laquelle les végétaux (re)colonisent un site (Gurnell et al, 2006). Ainsi à la suite de la dévégétalisation d'îlot, les graines présentes dans la banque de graines (soit présentes grâce à la végétation précédente soit arrivées par hydrochorie) peuvent potentiellement servir pour recoloniser le milieu. Il est donc attendu une forte relation entre la banque de graines et la végétation établie étant donné que la végétation est établie depuis peu. Cependant les grèves alluviales étant des milieux régulièrement remobilisés (Greulich et al, 2016), la relation entre la banque de graines et la végétation établie y est souvent forte (Hopfensprenger et al, 2007). Les grèves étant des milieux particuliers et souvent soumis à des perturbations, les plantes de grèves ont des stratégies de reproduction/suivi très variables (Leck et Brock, 2000). L'un des facteurs les plus importants est la présence d'eau au moment de la germination, or les travaux d'entretien ayant provoqués un changement du niveau des grèves (Odland et Del Moral, 2002) ont également changé la durée et la date de commencement

de la période en eau. Des études ont déjà été faites sur le jeu d'étude partiel (Meheust, 2017 et Paquet, 2018). Ces études permettent de donner des informations sur les potentiels résultats. Par exemple les études de Paquet ont montré qu'il y avait des différences au niveau des indices de diversité entre les sites avec et sans travaux pour les banques de graines. Meheust lui a montré par exemple que la richesse spécifique dans la banque de graines était plus grande dans les sites avec travaux que les sites sans.

Ainsi nos hypothèses de travail sont:

H1: A propos de l'étude des banques de graines, en accord avec les résultats obtenus par Paquet (2018) sur les données partiels, il est attendu des divergences entre les sites avec et sans travaux (Diversité spécifique et composition). En effet les travaux de scarifications ont pu impactés les banques de graines et changer leurs répartitions.

H2: Il y a une modification probable des conditions de germinations pour les graines issues de la banque de graines. Cette modification étant provoqué par le changement de la hauteur des grèves et de la disposition des sédiments à cause des travaux d'entretien. Ainsi ce changement des conditions de germination induit un changement dans la végétation établie.

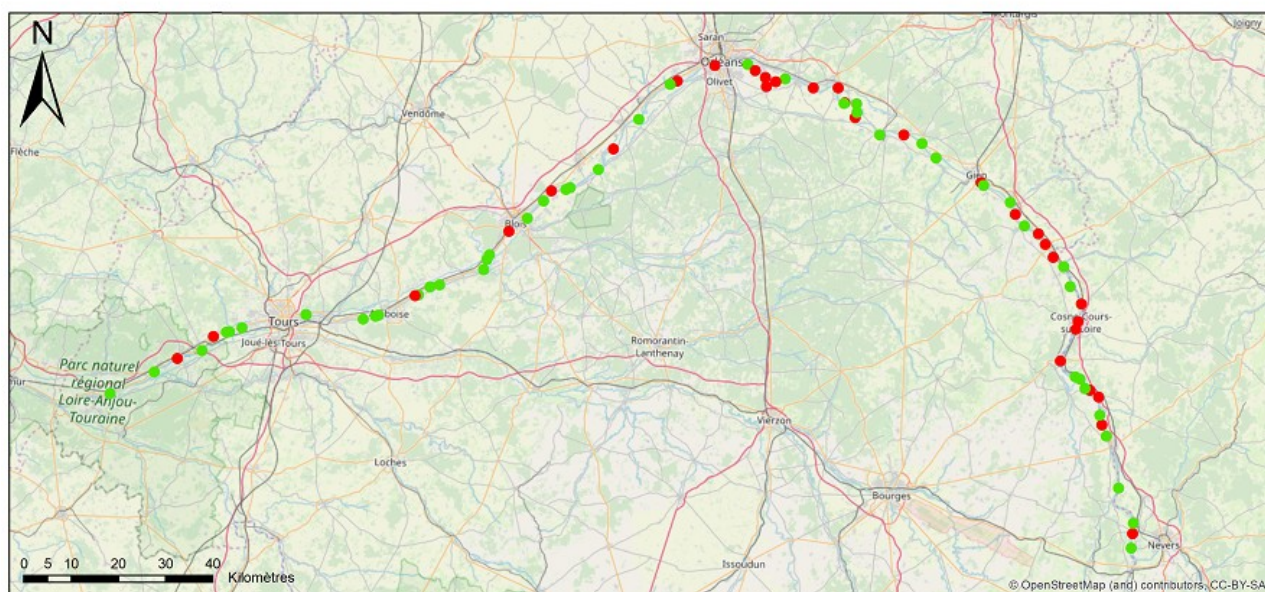
H3: Le degré de similitude entre la composition en espèces de banque de graines et celle de la végétation établie ne diffère pas entre les sites avec et sans travaux. Puisque les grèves sont des milieux étant souvent perturbées, la végétation de ce type d'habitat est souvent remise à nue et la relation entre la banque de graines et la végétation y est très forte. Ainsi nous pensons que les travaux d'entretien sont une perturbation similaire aux perturbations naturelles que subissent les banques de graines habituellement.

Matériel et Méthode

Sites d'études

Les sites d'étude se situent le long de la Loire moyenne, c'est à dire du bec d'Allier au bec de Vienne (plus précisément de Nevers (amont) à La-Chapelle-sur-Loire (aval))(Figure1). Cette étude comprend 76 sites (voir Figure 1), 32 de ces sites avaient subis des travaux (dévégétalisation et scarification dans la plupart des cas (Wintenberger,2015)). Les travaux ont eu lieu entre 1998 et 2015.

Les campagnes de terrains sur ces sites ont été réalisées durant trois années consécutives (23 sites en 2016, 27 en 2017 et 26 en 2018). Chaque année, des sites avec et sans travaux ont été échantillonnés. Sur l'ensemble des sites, la végétation en place (visuellement, attribution de coefficient d'abondance-dominance de Braun Blanquet) et les sédiments de la couche superficielles (environ les 6 premiers centimètres) ont été échantillonnés. Ensuite, un tri et une identification des graines (jusqu'au taxon le plus précis possible) sont effectués en laboratoire tout comme la viabilité des graines qui a été évaluée visuellement. Les sites sont échantillonnés suivant un modèle de placette et quadrat. Sur chaque site, une placette sous la forme d'un cercle ayant 8m de rayon a été défini (soit une surface de 201m²). Ensuite sur chaque placette, 4 quadrats sont placés aux 4 points cardinaux à 7m du centre du cercle. Les quadrats sont des carrés d'une surface d'1m². La méthode est identique d'une année sur l'autre, seul les opérateurs sont susceptibles de changer. (D'après Meheust, 2017 et Paquet, 2018).



Sites

- Sans travaux
- Avec travaux

Figure 1: Carte montrant la disposition des sites d'étude le long de la Loire moyenne

Analyse statistique

L'ensemble des données ont été traités sous R 1.2.5019 et Excel. Avant de commencer la mise en place de test statistique, la normalité des données a été vérifiée par des tests de Shapiro. Il en

résulte que l'ensemble des données ne suivent pas une distribution normale et d'où l'utilisation de test non paramétrique. Voici l'ensemble des paramètres qui ont été évalués lors de cette étude:

- La densité de la banque de graines (totale et viable) par quadrat et par placette
- La richesse spécifique pour la banque de graines (totale et viable) par quadrat et placette et uniquement par placette en ce qui concerne la végétation.
- L'indice de Simpson:

Cet indice mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard dans un échantillon appartiennent à une même espèce. Cela permet d'estimer la diversité spécifique d'un jeu de données. Pour cela l'indice de Simpson utilise la formule suivante (Formule 1) (Simpson, 1949). Cet indice est calculé sous R à l'aide du package "vegan".

Formule 1: Formule de calcul pour l'indice de Simpson

$$D = 1 - \left(\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

Avec:

D = Indice de Simpson

n = Nombre d'individu d'une espèce précise de l'échantillon

N = Nombre total d'individu dans l'échantillon

- L'indice de Sorensen:

Cet indice est utilisé pour mesurer la similitude entre deux échantillons. C'est donc un indice qui évalue la diversité bêta, c'est à dire une comparaison de la biodiversité entre deux éléments distinctifs. Cet indice a été calculé sous R à l'aide du package "vegan". (Formule 2)

Formule 2: Formule de calcul pour l'indice de Sorensen

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Avec:

β = Indice de similitude de Sorensen

S1 = Le nombre total d'espèces enregistrées dans la première communauté

S2 = Le nombre total d'espèces enregistrées dans la deuxième communauté

c = Le nombre d'espèces communes aux deux communautés

Cet indice compare la similitude des compositions spécifiques entre les différentes banques de graines dans un premier temps puis entre les banques de graines et la végétation établie des différents sites.

- La patrimonialité:

Pour évaluer la patrimonialité des compositions spécifiques, l'approche de Chevalier et Martin, (2015) (dans Meheust, 2017) a été utilisée. Elle différencie notamment les espèces remarquables ou importante pour les habitats ligériens (notes inférieures à 4) des espèces problématiques (notes comprises entre 6 et 9).

Cheminement de la Clé d'identification

a	➤ Espèce indigène ⇒ b ➤ Espèce non indigène ⇒ e
b	➤ Espèce protégée ou figurant dans le Livre rouge Centre ⇒ Note 1 ➤ Espèce déterminante ZNIEFF ⇒ Note 2) ➤ Reste ⇒ c
c	➤ Espèce ligérienne ou rare en région Centre ⇒ Note 3 ➤ Espèce à tendance ligérienne ou assez rare ou des habitats de grèves / aquatiques ⇒ Note 4 ➤ Reste ⇒ d
d	➤ Espèce adventice problématique dans les cultures ⇒ Note 6 ➤ Reste des espèces indigènes ⇒ Note 5
e	➤ Espèce invasive avérée ⇒ Note 9 ➤ Espèce potentiellement invasive ⇒ Note 8 ➤ Reste des espèces non indigènes ⇒ Note 7

Figure 2: Clé montrant le cheminement de la notation pour la patrimonialité (Meheust, 2017)

Les notes ont été attribuées en fonction de données bibliographique qui ont été recueillies à l'aide de la base de données "Flora" du CBNBP (Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien) qui permet de renseigner sur le statut d'indigénat, sur les statuts de protection et si l'espèce en question est déterminante pour les ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique). Quand aux statuts de plante invasive et adventice, ils ont été définis avec les ouvrages de Vahrameev(2014) et Jauzein(2011). Le catalogue de la flore sauvage de la région Centre a également été consulté. Une espèce avec une forte patrimonialité est une espèce qui va avoir soit un intérêt historique dans la région (ou l'écosystème) dans lequel elle se situe ou alors car elle à une qualité biologique particulière (rareté, unicité ou typicité) (Rameau et al, 1991). En effet, la Loire possède une importante mosaïque d'habitats caractéristiques (Greulich et al, 2016). La patrimonialité est calculée à l'échelle de la placette pour la végétation, le nombre de graines total et la viabilité des graines.

La comparaison de ces indices entre les différents sites a été faite par des tests de Kruskal et Wallis. Le test de Kruskal et Wallis est un test non paramétrique permettant d'évaluer si deux échantillons proviennent d'une même population (ou s'ils proviennent de deux populations quasiment identiques (Berslow, 1970)). Ce test est basé sur une comparaison des médianes. L'hypothèse H0 du test de Kruskal et Wallis est la suivante: La distribution de la variable est la même dans tous les groupes. Lorsque la p-value est supérieur à 0,05, l'hypothèse est validée, en dessous de cette valeur, l'hypothèse alternative H1 sera choisi au profit d'H0.

Enfin des ACP (Analyse en Composante Principale) qui sont des analyses factorielles seront également faites. Ce sont des analyses particulièrement utiles pour traiter une importante quantité de données (Guerrien, 2003). Des ACP interclasses ont été utilisées pour comparer les compositions spécifiques des sites avec travaux et des sites sans travaux. Les ACP ont été réalisées à l'aide du logiciel R 1.2.5019 et du package «ade4».

Résultats

Résultats pour les banques de graines

Au total durant les trois années d'études, 3857 graines ont été échantillonnées. L'ensemble de ces graines sont réparties en 221 taxons dont 40 % sont définis jusqu'à l'espèce, une grande majorité des autres graines sont identifiées jusqu'au genre. Les espèces les plus présentes dans la banque de graines sont *Corrigiola littoralis* qui représente 25,7 % de la totalité des graines, suivi d'une espèce appartenant au genre *Verbascum* représentant 11,9 % des graines. Cependant l'ensemble des graines issus du genre *Verbascum* proviennent de la même placette. Ainsi si l'on ne prend pas en compte cette espèce du genre *Verbascum*, *Corrigiola littoralis* représente 29 % de la totalité des graines suivi de *Portulaca oleracea* avec 9% des graines. (Voir annexe 1)

Concernant les graines viables, un total de 2553 sur les 3857 le sont, soit 66%.

A l'échelle de la placette, les banques de graines des sites sans travaux contiennent en moyenne $36,75 \pm 51,75$ graines/placette. Tandis que les sites avec travaux contiennent en moyenne $37,90 \pm 49,54$ graines/placette. Graphiquement, les sites avec et sans travaux ne diffèrent donc pas par rapport à leurs densités des banques de graines (Figure 3). Les deux types de sites sont également similaire quant aux richesses spécifiques (Figure 4).

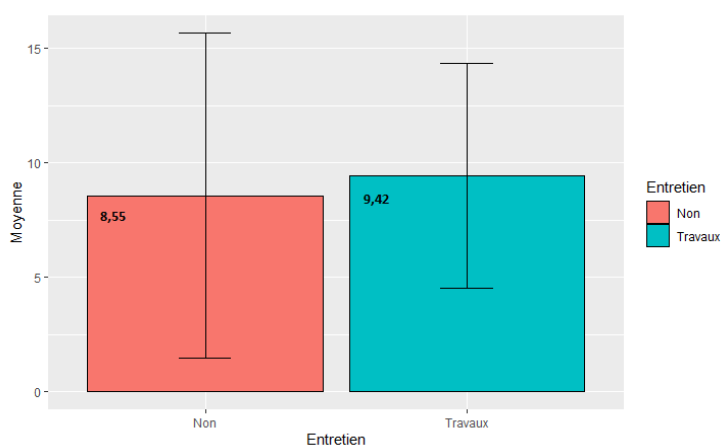


Figure 4: Richesse spécifique des banques de graines à l'échelle de la placette

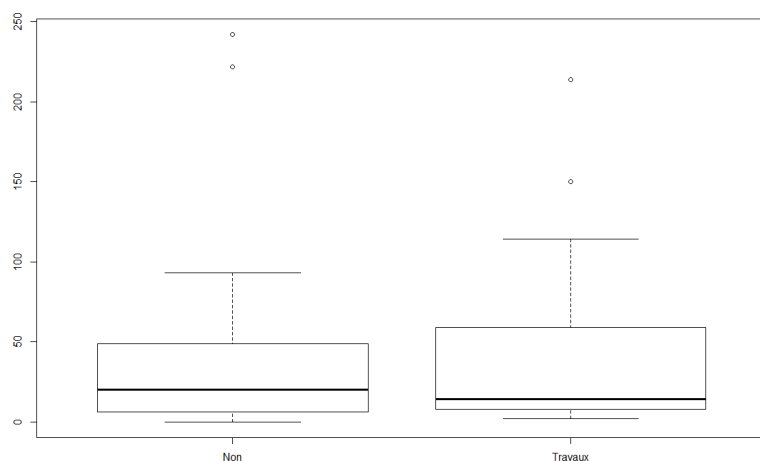


Figure 3: Diagramme de Tukey en fonction du nombre de graines contenue dans les banques de graine

La plupart des échantillons ont un nombre de graines compris entre 0 et 50 (c'est à dire entre 0 et 250 graines/m²) mis à part quelques exceptions qui dépassent les 100 voir 200 graines par placette (500 à 1000 graines/m²). Cette répartition est identique et cela quelque soit la réalisation ou non de travaux d'entretien sur les sites.

A l'échelle des quadrats, de nombreux indicateurs de structure des communautés ont été vérifiés, (Tableau 1):

Tableau 1: Tableau récapitulatif des analyses de Kruskal et Wallis pour la banque de graines comparant les résultats des sites avec travaux et des sites sans travaux

Banque de graines			
	Sorensen	Richesse spécifique	
	Totale	Totale	Viabilité
Kruskal et Wallis q	0,34	0,51	0,067

Banque de graines				
	Simpson		Densité	Patrimoine
	Totale	Viabilité	Totale	Totale
Kruskal et Wallis q	0,11	0,74	0,87	0,21

Ainsi pour l'ensemble des tests de Kruskal et Wallis, la valeur q est supérieur à 0,05 ainsi l'hypothèse H0 est conservée. C'est à dire que les groupes étudiés (avec et sans travaux) ont le même rang.

Également à l'échelle du quadrat, nous avons regardé le nombre moyen d'espèce ayant une note de patrimonialité qui permet d'identifier l'espèce comme étant patrimoniale ou étant une plante caractéristique des plaines ligériennes (note inférieure ou égale à 4 (voir Figure 2). Nous avons également regardé les espèces pouvant être déterminées comme étant problématique (note supérieure ou égale à 6).(Tableau 2)

Tableau 2: Nombre moyen d'espèces «problématique» et «à intérêt» dans les banques de graines à l'échelle du quadrat

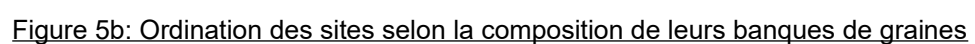
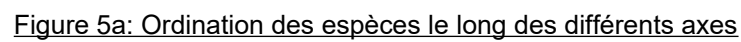
Espèce problématique		
	Moyenne	Écart-type
Non	0,61	0,90
Travaux	0,86	1,09

Espèce à intérêt		
	Moyenne	Écart-type
Non	0,35	0,68
Travaux	0,37	0,73

Que ce soit pour les espèces dites problématiques ou les espèces d'intérêts, il n'y a pas de différence notable entre les sites ayant eu des travaux et les sites n'en n'ayant pas eu.

A propos des ACP, la première présentée ici montre la répartition spécifique à travers la banque de graines des différents sites. L'étude se fait au niveau de la placette. Cette ACP (Figure 5b) est réalisée à partir de la composition des banques de graines des différents sites. Le résultat présentant plus en détail la répartition des sites est disponible en annexe (annexe 2). L'ordination des espèces végétales par l'ACP oppose sur le premier axe (12,5% de variabilité expliquée) les espèces suivantes: *Polygonum aviculare*, *Senecion vulgaris*, *Conzuya Canadensis* (Invasive), *Betula pubescens*, ... Ces espèces sont soit des plantes rudérales(pour les 3 premières), soit caractéristiques des forêts de bois tendre (pour *Betula pubescens*). Le second axe explique 8,74%

8



Cette première ACP montre que la plupart des sites (que ce soit avec ou sans travaux) ont une ordination similaire. Malgré tout, certains sites sans travaux montre une grande variation par rapport aux autres sites.

Résultats pour la végétation

Pour la végétation des sites d'études, 214 taxons ont été identifiés dont 71% jusqu'à l'espèce. Les espèces les plus représentées étaient *Corrigiola littoralis* (présente dans 88% des placettes), *Polygonum lapathifolium* et *Portulaca oleracea* (79%). Les sites avec travaux ont pour espèces les plus présentes *Corrigiola littoralis* (90%), *Polygonum lapathifolium* (86,67%) et *Portulaca oleracea* (80%) alors que les sites sans travaux ont également *Corrigiola littoralis* et *Portulaca oleracea* mais aussi *Rorripa sylvestris* qui pour ce dernier est présent dans 83% des placettes. Les pourcentages de présence sont disponibles en annexe. (annexe 3)

Un test de Kruskal et Wallis a été réalisé à partir des indices de Sorensen des sites avant et après travaux préalablement calculés. La valeur de q obtenue étant de 0,3 , l'hypothèse H0 est conservée. Un autre test de Kruskal et Wallis a également été fait pour la richesse spécifique ne montrant pas non plus de différence entre les sites avant et après travaux avec une valeur de q obtenue de 0,44.

La richesse spécifique pour la végétation à été étudiée à l'aide de l'une ACP.

L'analyse par ACP de la richesse spécifique pour la végétation établie par placette montre les résultats suivants (Figure 6b). Le premier axe de cette ACP explique une variabilité de 16,78%. Des espèces comme *Rumex obtusifolius*, *Chondrilla juncea*, *Andryala integrifolia* ou *Lactuca scariola* contribuent à cet axe. La majorité de ces espèces sont des plantes aimant les substrats sableux. L'autre axe détermine 7,68%. *Linaria Vulgaris*, *Mentha aquatica*, *Plantago psyllium*, *Gypsophila muralis*, *Stachys palustris*, *Scrophularia auriculata* sont les espèces qui contribuent le plus à cet axe (Figure 6a). Ce sont des espèces pionnières des milieux humides, aimant également se développer sur des substrats sableux. Les résultats montrant l'ordination précise des sites sont disponibles en annexe. (annexe 4)

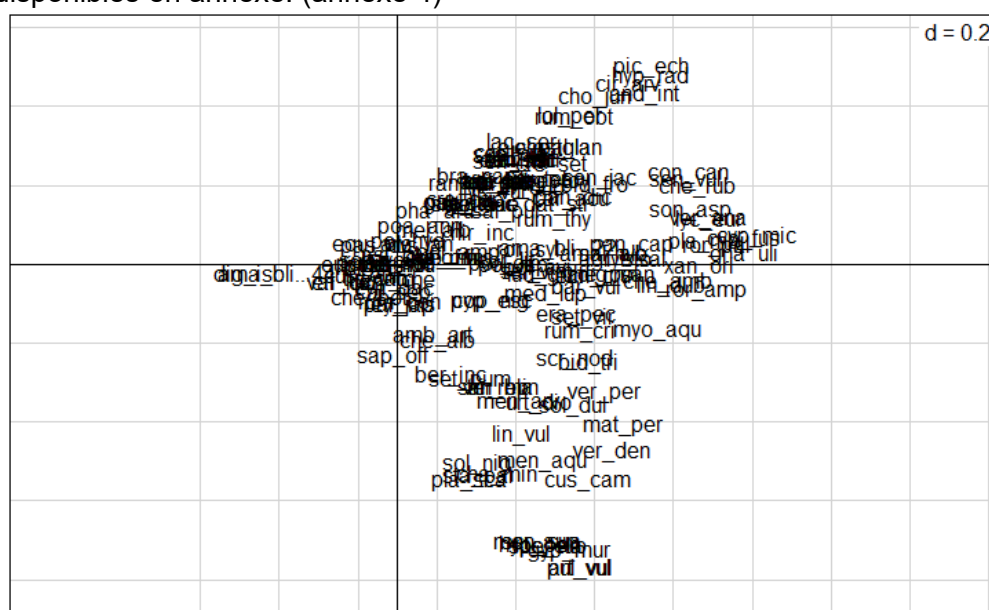


Figure 6a: Ordination des espèces le long des différents axes

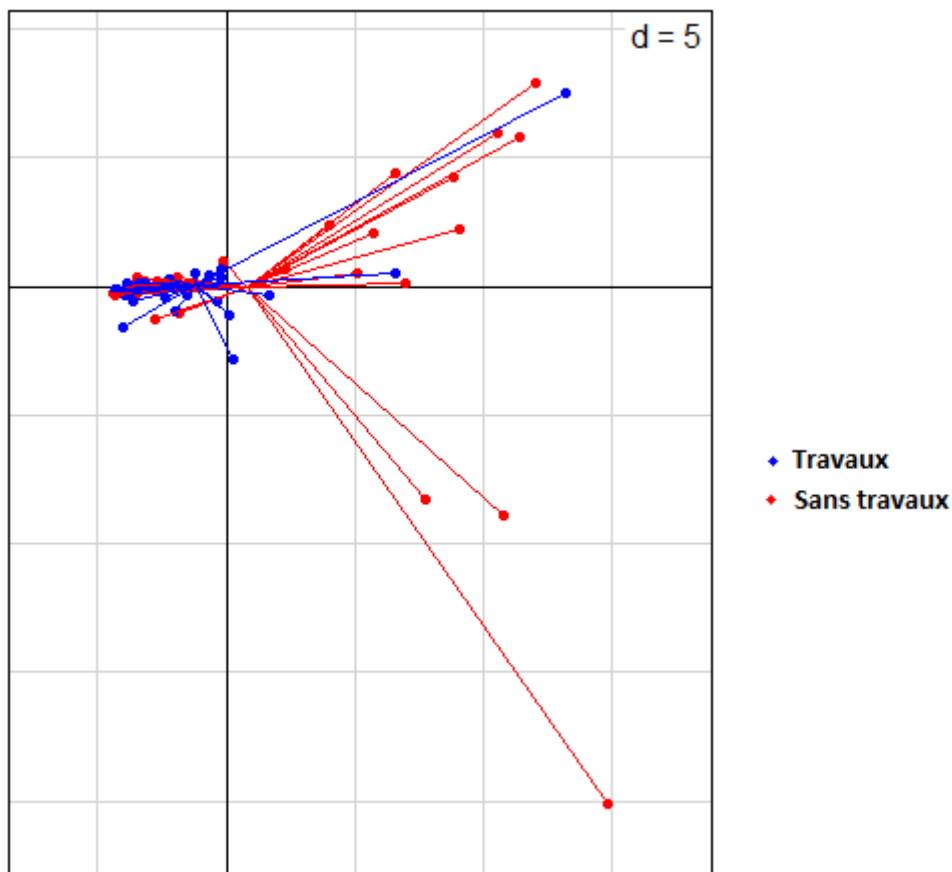


Figure 6b: Ordination des sites selon la richesse spécifique de leurs végétations établie

Nous remarquons que les sites sans travaux ont une répartition moins homogène que les sites avec travaux qui, excepté quelques sites ont une répartition homogène.

Résultat pour la comparaison entre les graines et la végétation

Concernant la relation entre les banques de graines et la végétation établie, sur l'ensemble de l'étude 32 espèces étaient communes aux deux. Les banques de graines des sites avec travaux avaient 38% d'espèces (uniquement parmi les taxons identifiés jusqu'à l'espèce) similaires avec la végétation établie. Les banques de graines et la végétation des sites sans travaux ont eu un pourcentage de relation similaire aux sites avec travaux (39%).

L'indice de Sorensen a aussi été calculé pour la comparaison entre les graines présentes dans la banque de graines et la végétation établie de chaque sites. Cette indice ne révèle pas de différence majeure que ce soit visuellement (figure 7) ou après la réalisation d'un test de Kruskal et Wallis (p-value de 0,08). Ainsi l'hypothèse H0 posée par le test de Kruskal et Wallis est conservée.

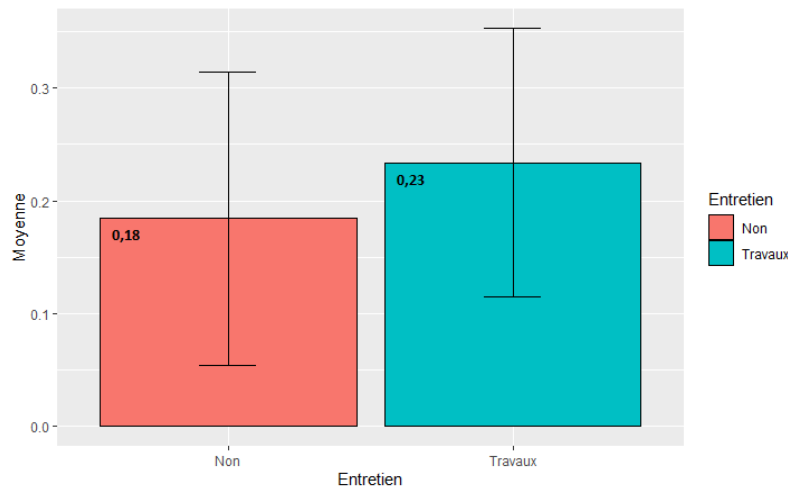


Figure 7: Histogramme représentant l'indice de Sorensen comparant la végétation en place et la banque de graines.

Discussion

Résultat des graines

Concernant les résultats de l'analyse de la banque de graines, nous nous attendions à ce qu'il y ait des différences entre les sites avec et sans travaux (H1). Or, Les résultats de cette étude ne montrent pas de différence significative entre les sites avec et les sites sans travaux. Et cela quelque soit l'échelle de l'étude (placette ou quadrat). Ainsi il semblerait que les banques de graines des grèves ne sont pas impactées sur le long terme par les travaux d'entretien qui sont réalisés dessus. Les plantes vivants dans des milieux souvent perturbés sont souvent des plantes qui utilisent la banque de graines afin de survivre (Bakker et al, 1996). Les grèves étant justement des milieux ayant régulièrement de fortes perturbations, les plantes des grèves étaient déjà suffisamment présentes dans la banque de graines aux moment des travaux d'entretiens pour survivre. Ainsi, si les travaux ne sont pas trop destructeurs pour les graines ou la banque de graines, alors il y aura une forte similitude entre les banques de graines des sites avec travaux et celles des sites n'ayant pas subit de travaux. Il a été montré qu'il y avait un lien entre le nombre de graines présent dans la banque de graines et le stade de la succession végétale (Bossuyt et al 2008). Dans notre cas, vu qu'il n'y a pas de différence, il est également possible de faire l'hypothèse que le développement végétale est similaire entre les sites de travaux et les sites sans.

Que ce soit si nous analysons la totalité des graines présentes dans la banque de graines ou bien seulement les graines viables, il n'y a pas de différence significative parmi les paramètres étudiés. Il est possible d'en conclure que les différents travaux n'ont altérés ni la qualité des graines ni la qualité de la banque de graines qui était présente auparavant dans les sols des sites avec travaux. Au sujet de la patrimonialité, l'arasement et les différents travaux n'ont pas eu d'impact que ce soit sur les espèces patrimoniales ou les espèces invasives. La présence de nombreuse espèces patrimoniales dans la banque de graines aurait pu être une bonne opportunité afin de réimplanter des populations de certaines espèces. En effet, il semblerait que les banques de graines permettent régulièrement le re-développement d'espèces patrimoniales (O'Donnell et al, 2016).

L'ACP montre en revanche qu'il y a bien des différences entre les sites avec et sans travaux. En effet, certains sites sans travaux présentent une composition végétale différente de la plupart des autres sites. Or, d'après l'ACP, il n'existe pas de sites avec travaux ayant une composition végétale particulière (c'est à dire des sites avec une forte présence de *Polygonum aviculare*, *Senecion vulgaris*, *Conzya Canadensis* ou de *Moehringia trinervia*, *Panicum capillare*, *Chenopodium polyspermum*) par rapport aux autres sites. Une hypothèse pouvant être faite est que les travaux créent une légère homogénéisation de la banque de graines (Meheust, 2017). En effet, la répartition des graines dans les grèves est en «patch», il y a donc une forte hétérogénéité dans la banque de graines (d'où la présence de site avec une composition particulière) (Wisheu et Keddy, 1991). Cependant, les travaux de scarification peuvent créer un déplacement des graines dans les sédiments et par ce fait réduire l'hétérogénéité de la banque de graines. Expliquant ainsi pourquoi il n'y a pas de site avec une composition particulière pour les sites avec travaux.

Il y a donc une légère modification de la banque des graines pour les sites avec travaux. Malgré tout, les banques de graines des sites ayant subi des travaux présentent toujours de très nombreuses similarités avec les banques de graines des sites n'ayant pas subi de travaux. Ainsi les travaux actuels ne semblent pas être durable puisque si la banque de graines reste inchangée, il y a de grande probabilité que la végétation se redéveloppe comme précédemment et pose de nouveau les mêmes problématiques en rapport avec le risque d'inondation (Van der Valk et al, 1992, Bossuyt et al, 2008).

Végétation

L'hypothèse H2 étant que les travaux impacteraient l'établissement de la végétation n'est pas vérifiée dans cette étude. A la vue des résultats des tests de Kruskal et Wallis et de l'analyse des espèces les plus abondantes, il n'y a pas de différence notable entre les sites avec et sans travaux. En revanche, l'ACP montre des différences entre les deux types de sites, les profils des sites sans travaux semblent être plus hétérogènes que les sites avec travaux. Une des hypothèses pouvant être avancée est le fait que quand à la suite de travaux de restauration, la recolonisation se fait à partir de la banque de graines, souvent ce ne sont que quelques espèces de plantes qui recolonisent le milieu (Bossuyt et al, 2008). Cependant les grèves sont des écosystèmes en proie à la dégradation et sont, pour certaines, assez régulièrement remise à nue (provoqué par des importantes crues) et aurait donc le même problème que les sites ayant été dévégétalisés par l'Homme. Des conditions particulières, telles que des périodes de crues moins forte et moins intense durant une longue période ont pu permettre à une végétation plus stable de s'installer sur les grèves n'ayant pas subi de travaux (Van der valk et al, 1981). Une autre explication peut venir du fait que les perturbations naturelles et les perturbations anthropiques ne sont peut-être pas faites à la même période de l'année et ainsi des espèces différentes peuvent être favorisées.

En revanche, il est possible d'expliquer cette similitude entre la végétation des sites avec et sans travaux par le fait que la banque de graines est très proche entre les sites avec et sans travaux. La banque de graines étant le meilleur moyen de recolonisation d'un milieu. Ainsi, si les conditions météorologiques et hydrologiques sont normales après la dévégétalisation, alors la végétation s'établira dans des conditions normales et sera relativement proche de celles des sites sans travaux.

Pour la patrimonialité de la végétation établie, la probabilité pour qu'elle change est relativement faible puisque l'analyse de la banque de graines a montré qu'il y a peu d'espèces invasives dedans et donc le fait de voir les grèves se faire coloniser par des espèces invasives reste faible. De plus l'analyse de la patrimonialité de la végétation établie sur les données partielles de cette étude n'a pas révélée de risque par rapport aux espèces invasives (Meheust, 2017). De surcroît plusieurs études s'accordent à dire que même si des travaux d'aménagement sont faits et que la

composition végétale en est modifiée, cela n'est pas forcément néfaste pour le développement d'une nouvelle végétation (Wisheu et Keddy, 1991; Jansson et al. 2000).

Le pourcentage de recouvrement des placettes n'a pas été comparé pour les sites avec et sans travaux dans cette étude étant donné qu'il y a les données uniquement pour une partie des données (2016 et 2017). Ainsi les études précédentes (Meheust, 2017; Paquet, 2018) qui ont travaillé sur les données partielles ont déjà traitées en grande partie les données de recouvrement. Il s'avère que pour les deux études, les sites avec travaux avaient un plus grand recouvrement: 21% contre 11% dans l'étude de Meheust. Dans l'étude de Paquet, ce constat est vrai uniquement à l'échelle du quadrat. Cependant pour Paquet, il est possible d'expliquer cela par le fait qu'il est plus difficile d'appréhender le taux de recouvrement sur des grandes que sur des petites surfaces (et qu'il y a plus de probabilité pour que les résultats à l'échelle de la placette contiennent des sources d'erreurs) (Dethier et al, 2003 in Paquet, 2018). La remise à nue d'une grève offre de nouvelles potentialités pour les graines de plantes pionnières contenues dans la banque de graines. Ainsi, afin de maximiser l'utilisation de l'espace nouvellement dégagé sans compétition, certaines espèces se développent très rapidement et sur une grande surface afin de coloniser le plus vite possible la grève. C'est pourquoi le taux de recouvrement est plus important au moment de l'installation des espèces que lorsque les stades de végétations sont plus avancés. La composition (quantitative et qualitative) de la végétation des milieux humides est variable au cours du temps. (Pederson et Van der Valk, 1984). Cette théorie est d'autant plus plausible que des tests sur la richesse spécifique ont montré qu'il n'y avait pas de différence d'un point de vue de la richesse spécifique. C'est pourquoi, le paramètre variant est très probablement l'abondance de certaines espèces.

Relation entre la végétation et les banques de graines

Il était attendu d'avoir une forte relation entre la banque de graines et la végétation établie et cela que ce soit pour les sites avec travaux que les sites sans (H3). Les résultats montrent une relation quasiment égale pour les différents types de sites. Si nous comparons ce résultat à d'autres études semblables, la similitude entre la banque de graines et la végétation établie est plus faible dans notre étude. L'étude de Grunell (Grunell et al. 2006) a montré des résultats (50%) légèrement supérieures dans la relation entre les banques de graines et les végétations des grèves. En revanche si nous comparons la relation de notre étude entre la végétation et la banque de graines avec d'autres écosystèmes, le pourcentage obtenu pour les grèves est relativement élevé. Par exemple, l'étude d'Amiaud et Touzard (Amiaud et Touzard, 2004) montre que les prairies ont une relation entre la végétation établie et la banque de graines de 29% et d'autres écosystèmes avec un stade végétatif plus avancée ont encore une relation plus basse (22%).

Cette forte relation s'explique par le type de stade de développement végétales des grèves. En effet, les grèves sont le stade pionnier de la succession alluviale. Or, c'est au stade pionnier que la relation entre banque de graines et végétation établie est la plus forte (Grandin, 2001).

Le facteur limitant afin d'avoir une meilleure relation entre la banque de graines et la végétation établie, s'explique par des graines présentes dans la banque de graines n'ayant pas obtenues les conditions de germination nécessaire (Gurnell et al, 2012). Ainsi une des explications pour la différence entre l'étude d'Amiaud et Touzard (2004) (qui avait un pourcentage de corrélation de 50%) peut éventuellement s'expliquer par des conditions plus spécifiques sur la Loire permettant à un nombre d'espèce réduit de pouvoir germer. Comme l'explique Thompson (Thompson, 1978), cela peut également venir du fait que le « type » de banques de graine était différent entre l'étude d'Amiaud et Touzard et la notre.

Concernant la comparaison des sites sans travaux avec les sites en ayant eu, une analyse des indices de Sorensen n'a pas montré de différence entre les différents sites. Ainsi il n'y a pas de différence de corrélation entre les sites avec et sans travaux. C'est pourquoi il semblerait que les sites avec travaux sont au même stade de développement végétale que les sites sans travaux étant donné que la relation entre banque de graines et végétation établie est censé changer en fonction de la succession végétales en place.

Limite de l'étude

Comme déjà évoqué, les analyses ont eu lieu sur trois années différentes afin de réduire le biais lié aux opérateurs et aux conditions de réalisation.

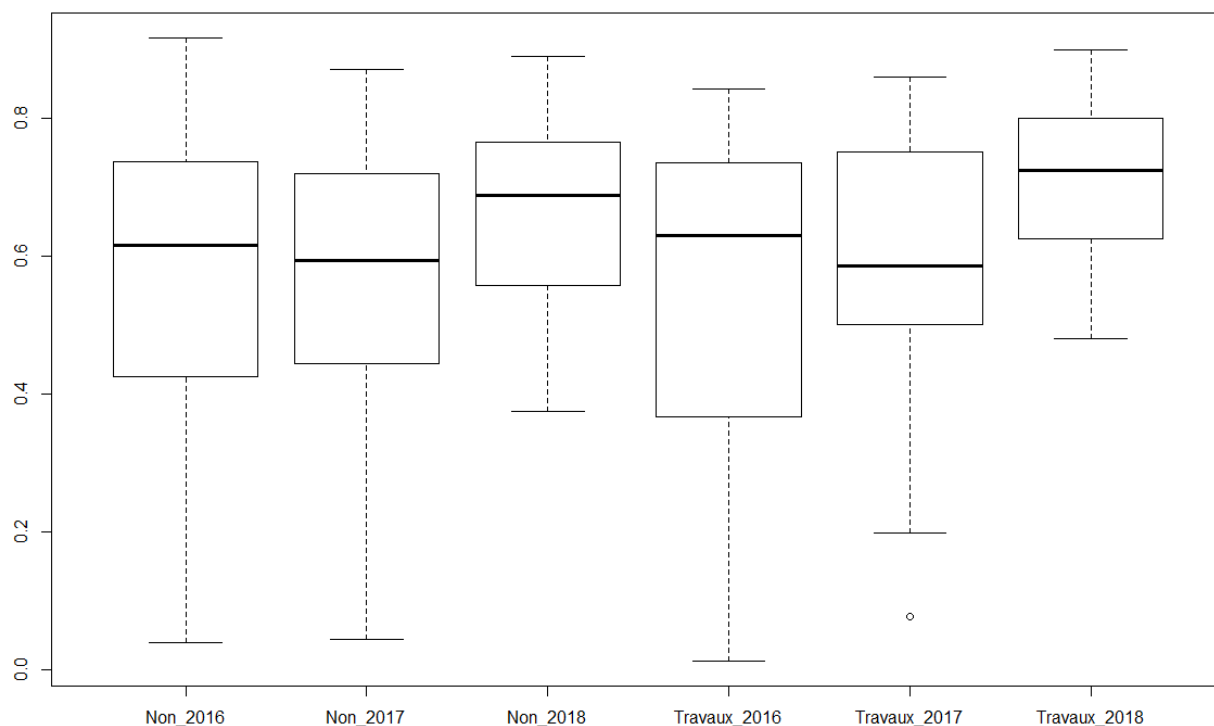


Figure 8 : Boxplot montrant la diversité (indices de Simpson) des banques de graines en fonction de la réalisation ou non de travaux et de l'année d'échantillonnage

Visuellement, il existe une légère différence interannuelle, notamment avec les prélèvements de 2018 qui montrent un écart inter-quartile beaucoup plus faible que durant les années 2016 et 2017 et cela quelque soit l'entretien des sites (Figure 8).

Afin de confirmer les résultats précédents, des tests de Kruskal et Wallis ont été réalisés sur les paramètres suivants: richesse spécifique de la banque de graines total et des graines viables; indice de Simpson pour la banque de graines et les graines viables.

Pour l'ensemble de ces paramètres, les tests de Kruskal et Wallis ont montré une p-value $< 0,05$, ainsi l'hypothèse H_0 disant que la distribution de la variable ordinaire est la même dans tous les groupes est rejetée. Dans le cas présent, cela signifie bien que l'année a un impact sur les résultats obtenus.

Ainsi il existe des biais liés aux opérateurs ou alors, causés par des variations liées aux différentes conditions annuelles. En effet de nombreux opérateurs ont travaillé sur ce projet que ce soit pour l'échantillonnage ou l'identification des graines et de la végétation. Ces deux tâches nécessitent de l'expérience et des personnes novices ont potentiellement réalisé des erreurs. Malgré tout, avoir plusieurs opérateurs réduit l'impact des éventuelles erreurs faites par un opérateur. Les variations des conditions d'une année sur l'autre peuvent également être la cause de ces différences. Les conditions météorologiques peuvent en effet avoir un impact très important

(production de moins de graine, apport de moins de graine par hydrochorie). De plus, et bien que nous ne l'ayons pas testé, la végétation établie est probablement encore plus impactée par les changements météorologiques que les banques de graines. L'intérêt de faire une étude sur trois années et donc d'une part d'augmenter le nombre de répétitions et ainsi réduire le biais qui serait dû à une erreur de manipulation ou une erreur d'identification. D'autre part, d'avoir des données issues de diverses conditions météorologiques et non pas des données obtenues à la suite d'une année qui était potentiellement exceptionnelle. Malgré tout, le fait de réaliser les études sur trois années par des opérateurs différents impose des conditions supplémentaires comme la réalisation de protocoles faciles d'application ou encore la réalisation des campagnes de terrain à la même période.

Conclusion

Le but de cette étude était de montrer si les travaux d'entretien sur la végétation des grèves de la Loire moyenne avaient un effet négatif sur la végétation ou si les travaux simulaient une perturbation naturelle. Au final, la banque de graines ne semble pas être impactée par les travaux. La végétation, semble elle avoir des changements mineurs par rapport aux perturbations naturelles: composition spécifique différente et un taux de recouvrement plus élevé pour les sites avec travaux. Néanmoins cela ne favorise aucunement l'installation d'espèces invasives *a contrario*, cela ne permet non plus à des espèces à fortes valeurs patrimoniales de s'installer. De plus, il a été montré une forte corrélation entre la banque de graines et la végétation établie. Ce fort lien montre que la banque de graines est en majeure partie la voie de recolonisation choisie par la végétation. Or, il a été montré que la banque de graines n'est pas impactée par les travaux. Ce constat est le même lorsque nous étudions la viabilité ou la totalité des graines. Ainsi, la banque de graines étant le principal vecteur de recolonisation des sites, c'est donc elle qui est la voie qui permet de ne pas avoir de changement important dans la végétation qui s'établit. Cela est viable pour les grèves, mais pas applicable à tout les milieux. En effet comme déjà expliqué, la relation entre la banque de graine et la végétation est plus forte dans les grèves que dans les autres milieux.

Ainsi, il semblerait que les perturbations provoquées par les travaux ne sont pas identiques aux perturbations naturelles, malgré tout la perturbation créée semble être relativement proche des perturbations naturelles que subissent les grèves et par conséquent assez peu impactant. Cependant, le meilleur moyen de gestion serait de comprendre les facteurs qui provoquent la végétalisation des grèves et de jouer sur ces facteurs afin de mettre en place des moyens de gestions plus pérenne et moins intrusif sur le milieu.

L'étude aurait pu être plus complète si les différents types de travaux avaient été étudiés. En effet, nous savons grâce à cette étude que la globalité des travaux, n'impactent pas durablement la végétation des grèves. Néanmoins, nous ne pouvons pas affirmer que parmi les différents moyens de gestion et d'arasement des grèves, il n'y en a pas qui sont plus impactant que les autres. Ainsi, il serait possible de détecter les moins impactant et de les prioriser pour la mise en place de plan de gestion des grèves.

Bibliographie

- Amiaud, B., & Touzard, B. (2004). The relationships between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in old embanked marshlands of Western France. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(1), 25-35.
- Bakker, J. P., Poschlod, P., Strykstra, R. J., Bekker, R. M., & Thompson, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology §. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4), 461-490.
- Bossuyt, B., & Honnay, O. (2008). Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science*, 19(6), 875-884.
- Breslow, N. (1970). A generalized Kruskal-Wallis test for comparing K samples subject to unequal patterns of censorship. *Biometrika*, 57(3), 579-594.
- Burnouf, J., Carcaud, N., & Garcin, M. (2009). Nouvelle histoire pour la Loire entre Nature et Société.
- Burnouf, J., & Carcaud, N. (1999). Le val de Loire en Anjou Touraine: un cours forcé par les sociétés riveraines. *Médiévales*, 17-29.
- Chevalier, R et Martin, 2015. BioMareau 2015. Tâche 1.1 Cartographie des communautés végétales.
- Dethier, M. N., Graham, E. S., Cohen, S., & Tear, L. M. (1993). Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. *Marine ecology progress series*, 93-100.
- Jansson, R., Nilsson, C., Dynesius, M., & Andersson, E. (2000). Effects of river regulation on river-margin vegetation: a comparison of eight boreal rivers. *Ecological applications*, 10(1), 203-224.
- Jauzein, P., 2011. Flore des champs cultivés, 898 p.
- Gautier, E., Burnouf, J., Carcaud, N., Chambaud, F., & Garcin, M. (2007). Les relations entre les sociétés et le fleuve Loire depuis le Moyen-Âge. *Protéger, restaurer et gérer les zones alluviales: pourquoi et comment*, Lavoisier, 83, 97.
- Grandin, U. (2001). Short-term and long-term variation in seed bank/vegetation relations along an environmental and successional gradient. *Ecography*, 24(6), 731-741.
- Greulich, Sabine, Hermann Guitton, and Pascal Lacroix. "Habitats et végétation de la plaine inondable." *La Loire fluviale et estuarienne: Un milieu en évolution* (2016): 174.
- Greulich, S., Chadenas, C., & Braud, S. (2016). Aspects de protection et de gestion de la biodiversité ligérienne.
- Grivel, S., & Gautier, E. (2012). Mise en place des îles fluviales en Loire moyenne, du 19e siècle à aujourd'hui. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Guerrien, M. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (acp) pour la recherche en sciences sociales. présentation à partir d'une étude sur le mexique. *Cahiers des Amériques latines*, (43), 181-192.
- Gurnell, A., Boitsidis, A. J., Thompson, K., & Clifford, N. J. (2006). Seed bank, seed dispersal and vegetation cover: colonization along a newly-created river channel. *Journal of Vegetation Science*, 17(5), 665-674.
- Hopfensperger, K. N. (2007). A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos*, 116(9), 1438-1448.
- Leck, M. A., & Brock, M. A. (2000). Ecological and evolutionary trends in wetlands: evidence from seeds and seed banks in New South Wales, Australia and New Jersey, USA. *Plant Species Biology*, 15(2), 97-112.
- Meheust A, (2017), Etude de la banque de graines des habitats pionniers de la Loire moyenne en lien avec la végétation et les effets des travaux de gestion.
- Niollet, S., Gonzalez, M., & Augusto, L. (2014). Conception d'un préleveur destiné à quantifier les banques de graines des sols. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, 80(6).
- Odland, A., & Del Moral, R. (2002). Thirteen years of wetland vegetation succession following a permanent drawdown, Myrkdalen Lake, Norway. *Plant Ecology*, 162(2), 185-198.
- O'Donnell, J., Fryirs, K. A., & Leishman, M. R. (2016). Seed banks as a source of vegetation regeneration to support the recovery of degraded rivers: a comparison of river reaches of varying condition. *Science of the Total Environment*, 542, 591-602.
- Paquet A. (2018). Effet des travaux de gestion sur la végétation et la banque de graines des habitats pionniers de la Loire moyenne.
- Rameau, J. C., & OLIVIER, L. (1991). La biodiversité forestière et sa préservation. Intérêt patrimonial de la flore, de la végétation et des paysages forestiers. *Revue Forestière Française*.
- SIMPSON, Edward H. Measurement of diversity. *nature*, 1949, vol. 163, no 4148, p. 688-688.
- Thompson, K. (1978). The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 425-430.
- Vahrameev, P. & Nobilliaux, S., (2014). Liste des espèces végétales invasives de la région

Centre.

van der Valk, A. G. (1998). Succession theory and restoration of wetland vegetation. *Wetlands for the Future*. Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, 657-667.

Van der Valk, A. G., Pederson, R. L., & Davis, C. B. (1992). Restoration and creation of freshwater wetlands using seed banks. *Wetlands Ecology and Management*, 1(4), 191-197.

Villar, M., Augustin, S., Chantereau, M., Chevalier, R., Denux, O., Dupré, R., ... & Marell, A. (2015, June). Conséquences des travaux d'entretien du lit de la Loire sur la biodiversité au sein des îles de Mareau-aux-prés (Réserve Naturelle Nationale de St-Mesmin): principaux résultats après 5 années d'étude.

Villar, M., Augustin, S., Chantereau, M., Chevalier, R., Denux, O., Dubois, A., ... & Marin, S. (2015, June). Conséquences des travaux d'entretien du lit de la Loire sur plusieurs composantes de la biodiversité au sein de la mosaïque des îles de Mareau-aux-Prés (Loiret). In *2e Conference International IS Rivers Integrative Sciences Recherches et Actions Recherches et actions au service des fleuves et grandes rivières. 2e conférence internationale recherches et actions au service des fleuves et grandes rivières*

Villar, M., Bastien, C., Brignolas, F., Chamaillard, S., Chantereau, M., Forestier, O., ... & Wintenberger, C. Populations naturelles du Peuplier noir (*Populus nigra* L.) en Loire: inventaire, diversité génétique et adaptation aux variations de l'environnement.

Wintenberger, C. (2015). *Dynamique fluviale et végétation pionnière à la Salicaceae en rivière sablo-graveleuse: études in et ex situ de la survie des semis durant les premiers stades de la succession biogéomorphologique en Loire Moyenne* (Doctoral dissertation, Tours).

Wisheu, I. C., & Keddy, P. A. (1991). Seed banks of a rare wetland plant community: distribution patterns and effects of human-induced disturbance. *Journal of Vegetation Science*, 2(2), 181-188.

Annexe

Annexe 1

Les espèces correspondantes aux codes sont en annexe 3

Code espèce	% de graine total		Code espèce	% de graine total		Code espèce	% de graine total
cor_lit	28,92 %		che_amb	0,33 %		ros_sp1	0,12 %
por_ole	8,95 %		rub_sp	0,33 %		che_fic	0,12 %
thy_ser	7,37 %		ver_sp3	0,30 %		rub_sp	0,12 %
cyp_fus	5,74 %		poa_sp1	0,30 %		astsp1	0,12 %
pol_lap	5,20 %		sal_sp2	0,30 %		bra_sp2	0,09 %
ind_alp	4,70 %		pop_nig	0,27 %		ind_sp9	0,09 %
ror_sp.	2,91 %		rub_sp1	0,27 %		pot_sp.	0,09 %
poa_sp6	2,68 %		gyp_pan	0,27 %		sen_vul	0,09 %
per_lap	2,65 %		pol_oxy	0,27 %		era_pil	0,09 %
ror_syl	2,65 %		pan_dic	0,24 %		ech_mur	0,09 %
sal_alb	2,62 %		bet_pub	0,21 %		aph_arv	0,09 %
era_pec	1,99 %		hyp_per	0,21 %		epis1	0,09 %
sal_sp1	1,90 %		car_ela	0,21 %		ama_sp.	0,06 %
pan_cap	1,43 %		frag_sp.	0,18 %		ind_sp10	0,06 %
che_vul	0,95 %		sam_nig	0,18 %		ind_sp14	0,06 %
sal_sp2017	0,92 %		son_asp	0,15 %		cir_arv	0,06 %
pol_avi	0,89 %		per_sp	0,15 %		aln_glu	0,06 %
urt_dio	0,80 %		ama_blito	0,15 %		fil_vul	0,06 %
ind	0,77 %		poac_sp.	0,12 %		moe_tri	0,06 %
dau_sp.	0,62 %		che_sp1	0,12 %		per_mit	0,06 %
ech_cru	0,62 %		che_pol	0,12 %		che_alb	0,06 %
bet_pen	0,59 %		pol_hyd	0,12 %		car_sp11	0,06 %
dig_san	0,56 %		bet_sp.	0,12 %		pol_sp1	0,06 %
poa_tri	0,54 %		jun_sp.	0,12 %		aln_sp	0,06 %
con_can	0,51 %		ind_sp11	0,12 %		Sal. sp. 2	0,06 %
rub_ida	0,48 %		poa_sp7	0,12 %		pol_sp.	0,03 %
ver_sp2	0,45 %		act_del	0,12 %		que_sp.	0,03 %
poa_sp2	0,39 %		fra_mos	0,12 %		poa_sp3	0,03 %
pop_sp.	0,39 %		fra_ana	0,12 %		poa_sp4	0,03 %
car_acu	0,36 %		pha_aru	0,12 %		car_sp1	0,03 %

Code espèce	% de graine total		Code espèce	% de graine total		Code espèce	% de graine total
car_sp3	0,03 %		lyt_sp	0,03 %		car_sp13	0,03 %
car_sp4	0,03 %		per_sp1	0,03 %		car_sp14	0,03 %
car_sp5	0,03 %		per_sp2	0,03 %		car_sp12	0,03 %
hie_sp.	0,03 %		per_sp3	0,03 %		sal_sp55	0,03 %
ast_sp2	0,03 %		ran_flu	0,03 %		pol_sp2	0,03 %
che_sp2	0,03 %		rhy_alb	0,03 %		atr_sp	0,03 %
rub_cae	0,03 %		san_off	0,03 %		car_ova	0,03 %
rub_sp2	0,03 %		set_sp	0,03 %		car_sp3	0,03 %
oxa_sp.	0,03 %		sil_lat	0,03 %		Car. sp.3	0,03 %
bra_syl	0,03 %		tri_str	0,03 %		car_sp1	0,03 %
rum_sp.	0,03 %		vio_sp	0,03 %		car_sp2	0,03 %
eri_sp.	0,03 %		agr_sp	0,03 %		car_bet	0,03 %
ind_sp4	0,03 %		pha_sp	0,03 %		Rub. sp 1	0,03 %
ind_sp5	0,03 %		bar_int	0,03 %		rum_con	0,03 %
ind_sp6	0,03 %		xan_sp	0,03 %		pol_sp1	0,03 %
ind_sp7	0,03 %		cre_cap	0,03 %		pol_sp2	0,03 %
ind_sp8	0,03 %		bar_vul	0,03 %		sp. 15	0,03 %
poa_sp5	0,03 %		sta_sp	0,03 %		poa_sp2	0,03 %
car_sp6	0,03 %		dia_sp	0,03 %		poa_sp3	0,03 %
ind_sp12	0,03 %		car fla	0,03 %		poa_sp4	0,03 %
ind_sp13	0,03 %		ama_bli	0,03 %		poa_sp5	0,03 %
tri_dub	0,03 %		car_rip	0,03 %		poa_sp6	0,03 %
epi_tet	0,03 %		car_cur	0,03 %		pansp1	0,03 %
des_ces	0,03 %		rum_ace	0,03 %		hie_sp	0,03 %
cre_set	0,03 %		rub_spe	0,03 %		hie_sp1	0,03 %
atr_sp	0,03 %		rum_san	0,03 %		hie_sp2	0,03 %
bro_sp1	0,03 %		ama_hyb	0,03 %		digsp1	0,03 %
cal_sp	0,03 %		car_sp1	0,03 %		des_sp	0,03 %
dig_isc	0,03 %		bra_sp1	0,03 %		astsp3	0,03 %
fal_sp	0,03 %		per_sp1	0,03 %			

Annexe 2

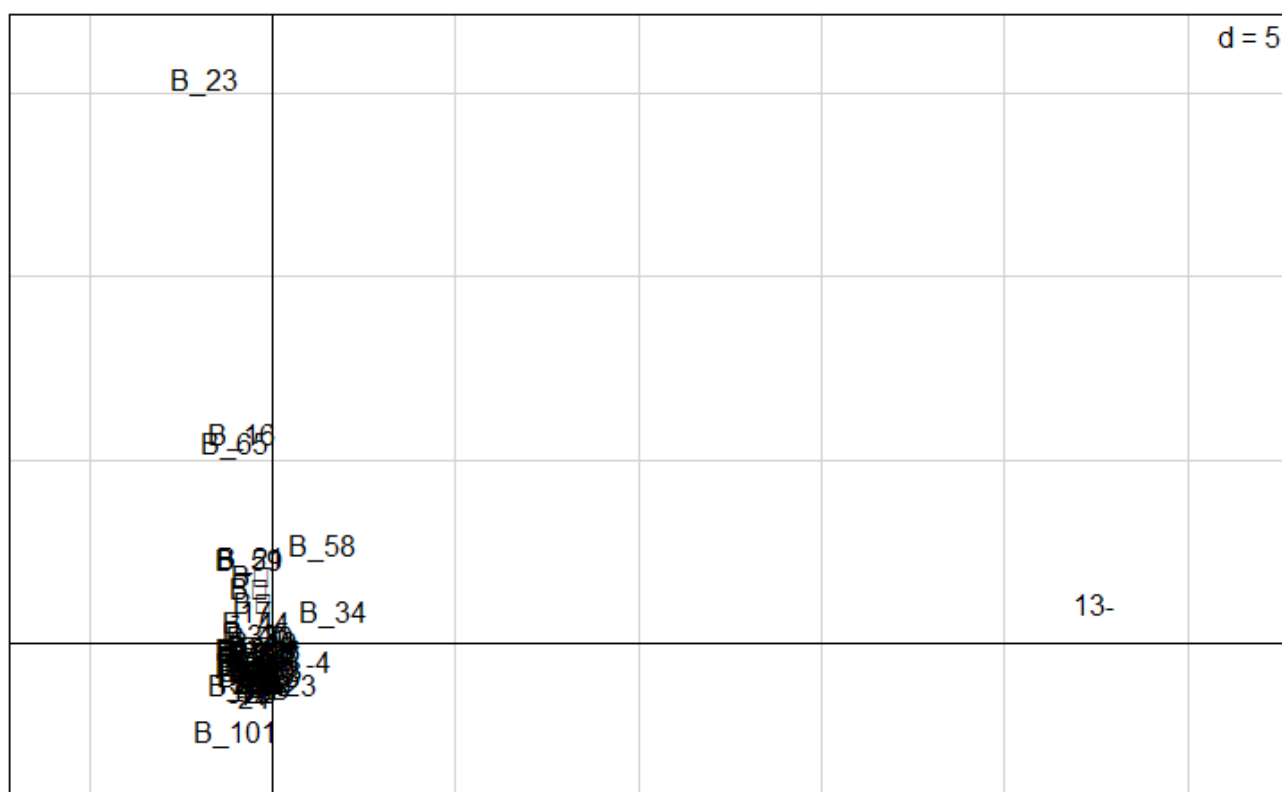


Tableau présentant l'entretien des sites

Site	Entretien		Site	Entretien
B1	Trav aux		2-	Non
B10	Non		3-	Non
B11	Trav aux		4-	Non
B16	Non		5-	Non
B21	Trav aux		6-	Non
B23	Non		7-	Non
B30	Non		-	Trav aux
B34	Non		10-	Non
B35	Non		11-	Non
B41	Non		13-	Non
B44	Trav aux		17-	Non
B45	Non		17-B	Non
B49	Non		19-	Trav aux
B54	Trav aux		20-	Trav aux
B58	Trav aux		21-	Non
B59	Non		23-	Non
B62	Non		24-	Trav aux
B65	Non		25-	Trav aux
B67	Non		26-	Trav aux
B69	Non		27-	Non
B76	Non		28-	Trav aux
B6	Trav aux		29-	Trav aux
B8	Non		30-	Trav aux

Site	Entretien		Site	Entretien
31-	Non		82	Non
32-	Non		35	Trav aux
33-	Trav aux		80	Trav aux
34-	Trav aux		79	Non
B-101	Non		17	Non
B109	Trav aux			
B118	Non			
B125	Non			
B2127	Non			
B133	Non			
B140	Non			
B80	Trav aux			
B91	Non			
B97	Non			
4	Trav aux			
10	Trav aux			
11	Trav aux			
13	Trav aux			
19	Trav aux			
23	Trav aux			
25	Trav aux			
48	Non			
50	Trav aux			

Annexe 3

Les espèces correspondantes aux codes sont en annexe 5

Code espèce	% dans les placettes		Code espèce	% dans les placettes		Code espèce	% dans les placettes
cor_lit	88,00 %		cyp_fus	21,33 %		sap_off	8,00 %
pol_lap	78,67 %		cyp_mic	21,33 %		sp 19 (brassio	8,00 %
por_ole	78,67 %		gna_uli	21,33 %		care_sp.	6,67 %
ror_syl	76,00 %		lin_dub	21,33 %		cho_jun	6,67 %
pol_avi	70,67 %		sal_pur	21,33 %		epi_sp.	6,67 %
cyp_esc	65,33 %		sen_vul	20,00 %		pas_sp.	6,67 %
pop_nig	65,33 %		bar_vul	18,67 %		pla_lan	6,67 %
ech_cru	56,00 %		ror_amp	17,33 %		rum_cri	6,67 %
sal_alb	56,00 %		car_acu	16,00 %		sen_jac	6,67 %
dig_san	52,00 %		hyp_rad	16,00 %		set_vir	6,67 %
pan_cap	50,67 %		pol_hyd	16,00 %		sol_nig	6,67 %
xan_sp.	49,33 %		ver_ana	16,00 %		ver_den	6,67 %
che_pol	46,67 %		ama_bli	14,67 %		ver_per	6,67 %
bid_fro	40,00 %		con_can	14,67 %		ast_lan	5,33 %
era_pec	40,00 %		che_rub	13,33 %		ele_pal	5,33 %
ama_hyb	38,67 %		cyp_sp.	13,33 %		equ_arv	5,33 %
amb_art	36,00 %		atr_pro	12,00 %		lud_sp.	5,33 %
pha_aru	34,67 %		lyc_eur	12,00 %		lys_vul	5,33 %
lud_gra	30,67 %		poa_sp1	12,00 %		men_arv	5,33 %
son_asp	30,67 %		Sal_sp	12,00 %		poa_ann	5,33 %
ama_bli	29,33 %		and_int	10,67 %		pol_sp	5,33 %
dat_str	29,33 %		cir_arv	10,67 %		rum_thy	5,33 %
lyt_sal	29,33 %		pan_dic	10,67 %		scr_nod	5,33 %
che_amb	28,00 %		bid_sp	9,33 %		art_vul	4,00 %
xan_ori	28,00 %		cal_sep	9,33 %		bid_tri	4,00 %
ror_pal	26,67 %		mat_per	9,33 %		bra_sp.	4,00 %
pla_maj	25,33 %		myo_aqu	9,33 %		cal_sp	4,00 %
agr_sto	24,00 %		pic_ech	9,33 %		che_bot	4,00 %
che_alb	24,00 %		car/cyp	8,00 %		che_gla	4,00 %
dig_isc	24,00 %		pas_dis	8,00 %		cre_set	4,00 %

Code espèce	% dans les placettes		Code espèce	% dans les placettes		Code espèce	% dans les placettes
cus_cam	4,00 %		ran_flu	2,67 %		hyp_per	1,33 %
cyp_sp	4,00 %		rub_sp	2,67 %		ind_1	1,33 %
epi_tet	4,00 %		sal_vim	2,67 %		lap_lut	1,33 %
jun_sp	4,00 %		sen_ina	2,67 %		leo_his	1,33 %
lee_ory	4,00 %		set_ita	2,67 %		leo_sax	1,33 %
lol_per	4,00 %		sol_dul	2,67 %		lin/lit	1,33 %
pul_vul	4,00 %		sp 40	2,67 %		lyc_esc	1,33 %
rum_obt	4,00 %		spe_rub	2,67 %		mel_alb	1,33 %
sp 2.03	4,00 %		sta_pal	2,67 %		men_sua	1,33 %
urt_dio	4,00 %		tri_dub	2,67 %		oxa_sp.	1,33 %
ber_inc	2,67 %		val_loc	2,67 %		par_ins	1,33 %
bra_nap	2,67 %		ace_neg	1,33 %		poa_sp	1,33 %
cha_min	2,67 %		ama_sp	1,33 %		poa_sp1	1,33 %
che_sp	2,67 %		ast_gly	1,33 %		poa_sp2	1,33 %
cre_cap	2,67 %		ast_sp	1,33 %		poa_sp2	1,33 %
cus_eur	2,67 %		car_hir	1,33 %		pol_sp.	1,33 %
cyn_dac	2,67 %		car_pra	1,33 %		pol/lis	1,33 %
dig_sp	2,67 %		car_sp.	1,33 %		pot_sp	1,33 %
era_sp	2,67 %		cari_sp.	1,33 %		pse_lut	1,33 %
eri_can	2,67 %		cir_vul	1,33 %		pul_dys	1,33 %
frax_sp.	2,67 %		con_sp	1,33 %		rey_jap	1,33 %
gyp_mur	2,67 %		ech_mur	1,33 %		ros_sp.	1,33 %
kic_ela	2,67 %		epi_cil	1,33 %		rub_cae	1,33 %
lac_ser	2,67 %		epi_par	1,33 %		rub_fru	1,33 %
lin_vul	2,67 %		era_min	1,33 %		rum_con	1,33 %
med_lup	2,67 %		ery_che	1,33 %		rum_sp	1,33 %
men_aqu	2,67 %		eup_esc	1,33 %		san_min	1,33 %
oen_sp.	2,67 %		gal_elo	1,33 %		scr_aur	1,33 %
pla_sca	2,67 %		ger_luc	1,33 %		set_pum	1,33 %
pol_amp	2,67 %		hir_inc	1,33 %		sil_	1,33 %

Code espèce	% dans les placettes
sol_lyc	1,33 %
son_ole	1,33 %
sp 2.06	1,33 %
sp 2.10	1,33 %
sp 2.12	1,33 %
sp 2.15	1,33 %
sp 2.17	1,33 %
sp 2.18	1,33 %
sp 2.19	1,33 %
sp 2.22	1,33 %
sp 2.24 (ber	1,33 %
sp 2.25	1,33 %
sp 2.26	1,33 %
sp1	1,33 %
sp2	1,33 %
tan_vul	1,33 %
tar_sec	1,33 %
tri_cam	1,33 %
tri_ino	1,33 %
tri_rep	1,33 %
ver_bla	1,33 %
vit_sp.	1,33 %

Annexe 4

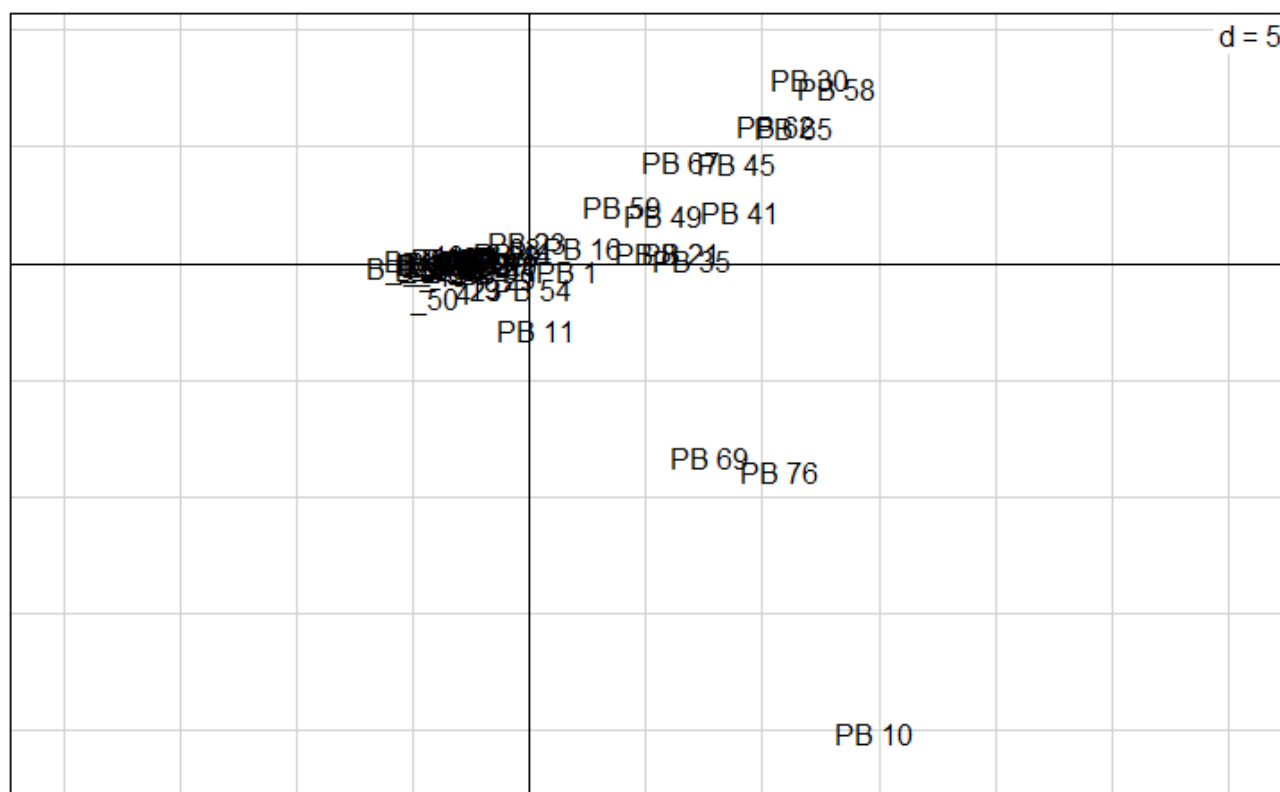


Tableau présentant l'entretien des sites

Site	Entretien		Site	Entretien	Site	Entretien		Site	Entretien
PB1	Trav aux		2-	Non	31-	Non		82	Non
PB10	Non		3-	Non	32-	Non		35	Trav aux
PB11	Trav aux		4-	Non	33-	Trav aux		80	Trav aux
PB16	Non		5-	Non	34-	Trav aux		79	Non
PB21	Trav aux		6-	Non	B-101	Non		17	Non
PB23	Non		7-	Non	B109	Trav aux			
PB30	Non		-	Trav aux	B118	Non			
PB34	Non		10-	Non	B125	Non			
PB35	Non		11-	Non	B2127	Non			
PB41	Non		13-	Non	B133	Non			
PB44	Trav aux		17-	Non	B140	Non			
PB45	Non		17-B	Non	B80	Trav aux			
PB49	Non		19-	Trav aux	B91	Non			
PB54	Trav aux		20-	Trav aux	B97	Non			
PB58	Trav aux		21-	Non	4	Trav aux			
PB59	Non		23-	Non	10	Trav aux			
PB62	Non		24-	Trav aux	11	Trav aux			
PB65	Non		25-	Trav aux	13	Trav aux			
PB67	Non		26-	Trav aux	19	Trav aux			
PB69	Non		27-	Non	23	Trav aux			
PB76	Non		28-	Trav aux	25	Trav aux			
PB6	Trav aux		29-	Trav aux	48	Non			
PB8	Non		30-	Trav aux	50	Trav aux			

Annexe 5

Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce
<i>Acer Negundo</i>	ace_neg	<i>Chaenorrhinum minus</i>	cha_min	<i>Eleocharis palustris</i>	ele_pal
<i>Agrostis stolonifera</i>	agr_sto	<i>Chenopodium album</i>	che_alb	<i>Epilobium ciliatum</i>	epi_cil
<i>Amaranthus blitum</i>	ama_bli	<i>Chenopodium ambrosio.</i>	che_amb	<i>Epilobium parviflorum</i>	epi_par
<i>Amaranthus blitum</i>	ama_bli	<i>Chenopodium botrys</i>	che_bot	<i>Epilobium sp.</i>	epi_sp.
<i>Amaranthus hybridus</i>	ama_hyb	<i>Chenopodium glaucum</i>	che_gla	<i>Epilobium tetragonum</i>	epi_tet
<i>Amaranthus sp.</i>	ama_sp	<i>Chenopodium polysper.</i>	che_pol	<i>Equisetum arvense</i>	equ_arv
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	amb_art	<i>Chenopodium rubrum</i>	che_rub	<i>Eragrostis minor</i>	era_min
<i>Andryala integrifolia</i>	and_int	<i>Chenopodium sp.</i>	che_sp	<i>Eragrostis pectinacea</i>	era_pec
<i>Arctium sp.</i>	arc_sp.	<i>Chondrilla juncea</i>	cho_jun	<i>Eragrostis sp</i>	era_sp
<i>Artemisia vulgaris</i>	art_vul	<i>Cirsium arvense</i>	cir_arv	<i>Erigeron canadensis</i>	eri_can
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	ast_gly	<i>Cirsium vulgare</i>	cir_vul	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	ery_che
<i>Aster lanceolatus</i>	ast_lan	<i>Conyza canadensis</i>	con_can	<i>Euphorbia sp. (esula?)</i>	eup_esc
<i>Asteraceae sp.</i>	ast_sp	<i>Convolvulus</i>	con_sp	<i>Fraxinus sp.</i>	frax_sp.
<i>Atriplex prostrata</i>	atr_pro	<i>Corrigiola littoralis</i>	cor_lit	<i>Galium elongatum</i>	gal_elo
<i>Barbarea vulgaris</i>	bar_vul	<i>Crepis capillaris</i>	cre_cap	<i>Geranium lucidum</i>	ger_luc
<i>Berteroa incana</i>	ber_inc	<i>Crepis setosa</i>	cre_set	<i>Geranium rotundifolium</i>	ger_rot
<i>Bidens frondosa</i>	bid_fro	<i>Cuscuta campestris</i>	cus_cam	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	gna_uli
<i>Bidens sp.</i>	bid_sp	<i>Cuscuta europaea</i>	cus_eur	<i>Gypsophila muralis</i>	gyp_mur
<i>Bidens tripartita</i>	bid_tri	<i>Cynodon dactylon</i>	cyn_dac	<i>Hirschfeldia incana</i>	hir_inc
<i>Brassica napus</i>	bra_nap	<i>Cyperus esculentus</i>	cyp_esc	<i>Hypericum perforatum</i>	hyp_per
<i>Brassicacée sp.</i>	bra_sp.	<i>Cyperus fuscus</i>	cyp_fus	<i>Hypochaeris radicata</i>	hyp_rad
<i>Calystegia sepium</i>	cal_sep	<i>Cyperus michelianus</i>	cyp_mic	<i>ind 1 (potamon)</i>	ind_1
<i>Calystegia sp.</i>	cal_sp	<i>Cyperaceae sp</i>	cyp_sp	<i>Juncus sp.</i>	jun_sp
<i>Carex acuta</i>	car_acu	<i>cyperus sp.</i>	cyp_sp.	<i>Kickxia elatine</i>	kic_ela
<i>Cardamine hirsuta</i>	car_hir	<i>Datura stramonium</i>	dat_str	<i>Lactuca seriola</i>	lac_ser
<i>Cardamine pratensis</i>	car_pra	<i>Digitaria ischaemum</i>	dig_isc	<i>Laphangium luteoalbum</i>	lap_lut
<i>Caryophyllaceae sp.</i>	car_sp.	<i>Digitaria sanguinalis</i>	dig_san	<i>Leersia oryzoides</i>	lee_ory
<i>Carex / cyperus</i>	car/cyp	<i>Digitaria sp</i>	dig_sp	<i>Leontodon hispidus</i>	leo_his
<i>Carex sp.</i>	care_sp.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	ech_cru	<i>Leontodon saxatilis</i>	leo_sax
<i>Cariophyllacée sp.</i>	cari_sp.	<i>Echinochloa muricata</i>	ech_mur	<i>Lindernia dubia</i>	lin_dub

Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce
<i>Linaria vulgaris</i>	lin_vul	Poacée sp. 1	poa_sp1	<i>Rumex obtusifolius</i>	rum_obt
<i>Lindernia / lithrum</i>	lin/lit	Poaceae sp. 1	poa_sp1	<i>Rumex sp</i>	rum_sp
<i>Lolium perenne</i>	lol_per	Poaceae sp. 2	poa_sp2	<i>Rumex thyrsiflorus</i>	rum_thy
<i>Ludwigia grandiflora</i>	lud_gra	<i>Polygonum amphib.</i>	pol_amp	<i>Salix alba</i>	sal_alb
<i>Ludwigia sp.</i>	lud_sp.	<i>Polygonum aviculare</i>	pol_avi	<i>Salix purpurea</i>	sal_pur
<i>Lycopersicon escul.</i>	lyc_esc	<i>Polygonum hydropiper</i>	pol_hyd	<i>Salix sp.</i>	Sal_sp
<i>Lycopus europaeus</i>	lyc_eur	<i>Polygonum lapathifol.</i>	pol_lap	<i>Salix viminalis</i>	sal_vim
<i>Lysimachia vulgaris</i>	lys_vul	<i>Polygonum mite</i>	pol_mit	<i>Sanguisorba minor</i>	san_min
<i>Lythrum salicaria</i>	lyt_sal	<i>Polygonum sp.</i>	pol_sp	<i>Saponaria officinalis</i>	sap_off
<i>Matricaria perforata</i>	mat_per	<i>Polygonum sp.</i>	pol_sp.	<i>Scrophularia auriculata</i>	scr_aur
<i>Medicago lupulina</i>	med_lup	<i>Polygonum / liseron</i>	pol/lis	<i>Scrophularia nodosa</i>	scr_nod
<i>Melilotus albus</i>	mel_alb	<i>Populus nigra</i>	pop_nig	<i>Senecio inaequidens</i>	sen_ina
<i>Mentha aquatica</i>	men_aqu	<i>Portulaca oleracea</i>	por_ole	<i>Senecio jacobea</i>	sen_jac
<i>Mentha arvensis</i>	men_arv	<i>Potamogeton nodosus</i>	pot_nod	<i>Senecio vulgaris</i>	sen_vul
<i>mentha suaveolens</i>	men_sua	<i>Potamogeton sp.</i>	pot_sp	<i>Setaria italica</i>	set_ita
<i>Myosoton aquaticum</i>	myo_aqu	<i>Pseudognaphalium luteol.</i>	pse_lut	<i>Setaria pumila</i>	set_pum
<i>Oenothera sp.</i>	oen_sp.	<i>Pulicaria dysenterica</i>	pul_dys	<i>Setaria viridis</i>	set_vir
<i>Oxalis sp.</i>	oxa_sp.	<i>Pulicaria vulgaris</i>	pul_vul	<i>Silene flos-cuculi ou dianthus armeria</i>	sil
<i>Panicum capillare</i>	pan_cap	<i>Ranunculus fluitans</i>	ran_flu	<i>Solanum dulcamara</i>	sol_dul
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	pan_dic	<i>ranunculus sceleratus</i>	ran_sce	<i>Solanum lycopersicum</i>	sol_lyc
<i>Parthenocissus inserta</i>	par_ins	<i>Reynoutria japonica</i>	rey_jap	<i>Solanum nigrum</i>	sol_nig
<i>Paspalum distichum</i>	pas_dis	<i>Rorippa amphibia</i>	ror_amp	<i>Sonchus asper</i>	son_asp
<i>Paspalum sp.</i>	pas_sp.	<i>Rorippa palustris</i>	ror_pal	<i>Sonchus oleraceus</i>	son_ole
<i>Phalaris arundinacea</i>	pha_aru	<i>Rorippa sylvestris</i>	ror_syl	<i>Spergularia rubra</i>	spe_rub
<i>Picris echioides</i>	pic_ech	<i>Rosacée sp.</i>	ros_sp.	<i>Stachys palustris</i>	sta_pal
<i>Plantago lanceolata</i>	pla_lan	<i>Rubus caesius</i>	rub_cae	<i>stachys sp</i>	sta_sp.
<i>Plantago major</i>	pla_maj	<i>Rubus fruticosus</i>	rub_fru	<i>Tanacetum vulgare</i>	tan_vul
<i>Plantago scabra</i>	pla_sca	<i>Rubus sp</i>	rub_sp	<i>Taraxacum sec. rud</i>	tar_sec
<i>Poa annua</i>	poa_ann	<i>Rumex conglomeratus</i>	rum_con	<i>Trifolium campestre</i>	tri_cam
<i>Poaceae (digitalis?)</i>	poa_sp	<i>Rumex crispus</i>	rum_cri	<i>Trifolium dubium</i>	tri_dub

Directeur de recherche:

Sabine Greulich

Loïc Le Hingrat

PFE/DAE5

IMA

2019-2020

Impact des travaux d'entretien du lit mineur de la Loire moyenne sur la végétation et les banques de graines des milieux pionniers

Résumé: Afin de limiter le risque d'inondation, des travaux d'entretien des grèves sont entrepris dans le but d'augmenter la bande active le long de la Loire moyenne. A travers ces travaux, le projet Biomareau II, soutenu par le projet Loire Grandeur Nature y étudie l'impact des travaux sur différentes composantes naturelles. Parmi celles-ci l'impact des travaux sur la végétation des grèves avec comme objectif de vérifier si les travaux simulaient une perturbation naturelle ou non. Pour cela 75 sites (avec et sans travaux) sont échantillonnés pendant trois ans (pour limiter l'impact météorologique et le biais provoqué par les opérateurs) afin d'obtenir des données sur la banque de graines et la végétation établie de ces sites. De nombreux indices et tests statistiques (indice de diversité, indice de Sorensen, test de Kruskal et Wallis, ACP) ont été réalisés sur ces données. Les analyses ont eu pour conclusion que la banque de graines était peu impactée malgré une légère homogénéisation de la répartition des graines. La végétation était également assez peu impactée, les principaux changements étant la composition spécifique qui varie (sans favoriser l'abondance des espèces invasives) ainsi que le pourcentage de recouvrement. La relation entre la banque de graines et la végétation établie est très forte (39%) et ne varie pas et cela quelque soit la réalisation ou non de travaux sur les sites. Ainsi, les travaux n'ont certes pas eu l'effet identique d'une perturbation naturelle. Néanmoins, les impacts sont minimes et la biodiversité végétales des grèves reste similaire.

Mots Clés: Banque de graines – Végétation – Loire moyenne – Grèves – Travaux d'entretien