



HAL
open science

Étude de la consommation ligneuse à Salicacées par le castor d'Europe (*Castor fiber L.*) dans la mosaïque d'îles de Mareau-aux-Prés (Loiret)

Anthony Dubois

► To cite this version:

Anthony Dubois. Étude de la consommation ligneuse à Salicacées par le castor d'Europe (*Castor fiber L.*) dans la mosaïque d'îles de Mareau-aux-Prés (Loiret). 2014, 26 p. <hal-01268866>

HAL Id: hal-01268866

<https://hal.science/hal-01268866v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

INRA Orléans Unité Amélioration Génétique et Physiologie Forestières

2163 avenue de la Pomme de Pin - Ardon CS 40001 45075 ORLEANS CEDEX 2

Rapport de stage de Master

Présenté par : Anthony DUBOIS

– Master II Biologie des Organismes, des Populations et des Écosystèmes (2013-2014) –

Étude de la consommation ligneuse à Salicacées par le Castor d'Europe (*Castor fiber* L.) dans la mosaïque d'îles de Mareau-aux-prés (Loiret)

Résumé

Le Castor d'Europe (*Castor fiber* L.), espèce emblématique de l'écosystème riverain, est présent sur les îles de Mareau-aux-Prés (Loiret, France) depuis 1982. L'étude présentée dans ce rapport fut menée sur une mosaïque d'îles (treize hectares), localisées au sein de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Mesmin (première unité conservatoire des ressources génétiques de *Populus nigra*). L'îlot central renfermait une végétation ligneuse constituée principalement de jeunes tiges de *P. nigra*, recépées annuellement par le castor. En septembre 2012, dans le cadre de la prévention des crues et afin de rétablir la dynamique hydraulique du fleuve, cet îlot a entièrement été dévégétalisé et sa barre sédimentaire abaissée. Cette perturbation anthropique est à l'origine du questionnement scientifique suivant : quelles étaient les habitudes alimentaires de la famille de castor avant les travaux ? Comment ont-ils changé leurs habitudes alimentaires après de tels travaux ? Quel a été l'impact sur les autres îlots et qu'elle a été l'incidence de la consommation par le castor sur la diversité génétique de *P. nigra* ? Les résultats se focaliseront sur le cheminement alimentaire de la famille de castor, la présence de rejets sur souche et leur rôle de filtre associé, et l'impact de ces modifications sur la structure de la forêt alluviale (compétition avec *Acer negundo*).

Mots-clés: *Populus nigra*, *Castor fiber*, ressources génétiques

Encadré par : Marc VILLAR

– Chargé de Recherches - HDR ; INRA Val de Loire Orléans, Unité AGPF –

ABSTRACT

The European beaver (*Castor fiber* L.) is a 'keystone species' of Loire riverine ecosystem and present in the islands of Mareau-aux-prés (Loiret, France) since 1982. Our study is located in a mosaic of islands (13 hectares) within the National Natural Reserve of St-Mesmin (constituting the first national Conservation Unit of *Populus nigra*). The central island constituted the main source of food, with young shoots coming from stumps of black poplar (*Populus nigra*). In september 2012, the vegetation of such island was uprooted and the bar level lowered in order to maintain the flow capacity of the river. The research presented here focuses on the following scientific questions: (i) what were the feeding habits of the beaver family (4 to 6 individuals) before maintenance operation ? (ii) how have they changed their feeding habits after such fluvial work, and what will be the impact on other vegetated islands ? (iii) what is the impact of foraging activity by beavers on the genetic diversity of black poplar ? The results will be presented and discussed in terms of species selectivity, density of poplar and willow stumps acting as filter for the consumption of adult stems, feeding tracks and forest composition and structure (in competition with underneath non-preferred *Acer negundo*).

INTRODUCTION

La forêt alluviale, située à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques est définie comme un écosystème remarquable, régulé par le régime des perturbations hydrauliques et par la dynamique latérale des cours d'eau (Pautou et al. 2003). Le long des cours d'eau, elle forme une mosaïque végétale complexe comportant des communautés aquatiques, semi-aquatiques et terrestres et fait partie des écosystèmes présentant la plus grande biodiversité en Europe (Naiman et al. 2005). Menacée par l'action de l'Homme (diminution de surface, altération du régime des perturbations) et aujourd'hui protégée au niveau européen (habitat prioritaire de l'Union Européenne 91E0 Alno-Padion, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) elle renferme plusieurs espèces faunistiques et floristiques faisant l'objet de programmes de conservation (Michelot et al. 2003).

Le peuplier noir (*Populus nigra* L.), essence dominante de cet écosystème, est à la source de l'originalité et de toute la diversité rencontré dans les différents cortèges floristiques qui se développent en milieux alluviaux (Lefèvre et al. 2001 ; Villar and Forestier 2009). Cependant, à l'image de son habitat, *P. nigra* est également menacé et est aujourd'hui identifié comme une espèce prioritaire par la Commission Nationale de Conservation des

Ressources Génétiques Forestières (Lefèvre et al. 2001). Les deux problèmes majeurs à l'origine de l'érosion des ressources génétiques de *P. nigra* sont la destruction de son habitat et les risques d'introgression par les peupliers cultivés (Villar and Forestier 2009). Ainsi, un programme national de conservation des ressources génétiques du peuplier noir, piloté actuellement par Marc Villar¹, a été mis en place. Pour mener à bien ce programme, la conservation *in situ*, également appelée conservation dynamique, constitue l'une des stratégies adoptées. Elle est réalisée via un réseau d'unités conservatoires (UC), localisé au sein d'espaces naturels (Lefèvre et al 2001; Pautou et al. 2003 ; Villar and Forestier 2009). Cependant, dans son habitat, le peuplier noir est soumis à différentes contraintes environnementales, biotiques ou abiotiques. De ce fait, il est important de prendre en considération ces différents facteurs pouvant intervenir dans la dynamique et la diversité génétique des populations de *P. nigra*. Sur la Loire, et notamment au sein de l'UC Mareau-St-Mesmin (Loiret) comprenant les îles de Mareau-aux-prés, les populations de *P. nigra* subissent une importante pression par le Castor d'Europe (*Castor fiber* L.) réintroduit sur la Loire en 1973. Cette étude cherche à comprendre les mécanismes biotiques et abiotiques impliqués dans les interactions entre ces deux espèces. Ce projet de recherche est réalisé dans le cadre du programme national de conservation des ressources génétiques du peuplier noir et concerne l'étude des impacts des facteurs du milieu sur la conservation *in situ* des populations et sur la structuration spatiale de la diversité génétique. Ces thématiques sont portées par l'unité AGPF² de l'INRA Val de Loire Orléans dans son axe B de recherche : gestion durable de la diversité génétique dans les écosystèmes forestiers spontanés et cultivés.

Le Castor d'Europe est une espèce emblématique des forêts riveraines. Mammifère herbivore, semi-aquatique, de la famille des *Castoridae*, il vit en groupes familiaux composés d'un couple et des jeunes issus des deux dernières portées (2 ou 3 jeunes par an) (Louarn and Quéré 2003). La sélection de son domaine vital, zone dans laquelle le groupe d'individus se nourrit, se multiplie et élève sa progéniture, semble se faire sur la base de différents facteurs biotiques et abiotiques (Vorel et al. 2008). Le choix de ce domaine paraît être principalement lié à la végétation présente et aux caractéristiques physiques du cours d'eau (pente de la berge, nature du substrat, débit, profondeur, etc...) (Collen and Gibson 2001 ; Pinto et al. 2009). Des études menées sur la Loire ont permis d'observer une colonie de Castor d'Europe tous les 8,5 km de rive (Fustec et al. 2001). Souvent considéré comme une espèce clé

¹ Marc VILLAR Chargé de Recherches – HDR ; INRA Val de Loire Orléans, Unité Amélioration Génétique et Physiologie Forestières

² Unité AGPF : Unité de recherche Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières

(Krojerová-Prokešová et al. 2010 ; Pinto et al. 2009 ; Ruys et al. 2011) ou encore comme un ingénieur de l'écosystème (Jones et al. 2009; Pinto et al. 2009 ; Ruys et al. 2011) le castor est capable de modifier considérablement son milieu. Son régime alimentaire se compose majoritairement d'espèces ligneuses avec une nette préférence pour les Saules (*Salix alba*) et les peupliers (*Populus nigra*) (Fustec et al. 2001 ; Haarberg and Rosell 2006; Krojerová-Prokešová et al. 2010 ; Ruys et al. 2011).

Ce travail de recherche constitue l'un des quatre axes du projet « BioMareau » (Etude des 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, 2012-2015) et s'intéresse plus particulièrement à l'étude du report de la consommation ligneuse par les castors. En effet, dans le cadre de la prévention des risques d'inondations et afin de rétablir la dynamique hydraulique du fleuve, le pôle Loire de la Direction Départementale du Territoire du Loiret (45) a effectué en septembre 2012 des travaux d'entretien du lit de la Loire. L'îlot central des îles de Mareau-aux-prés (Loiret), qui constituait jusqu'en septembre 2012 la principale zone d'alimentation d'une famille de Castor d'Europe (*Castor fiber*), a entièrement été refaçonnée (dévégétalisation et dessouchage). Cette modification anthropique est alors à l'origine du questionnement scientifique suivant : (i) quelles étaient les habitudes alimentaires de la famille de castors avant les travaux ? (ii) comment va-t-elle modifier son comportement alimentaire après les travaux ? Quel en sera l'impact sur les autres îlots ? (iii) et quel est l'impact de la consommation par le castor sur la diversité génétique du peuplier noir ?

Pour répondre à ces questions, les données acquises avant (juillet-août 2012) et après travaux (juillet-août 2013), liées à la végétation arborescente (espèce, port végétal, circonférence), à la présence du castor sur la zone d'étude (toboggans, terriers hutte) et à la pression d'herbivorie (traces fraîches ou anciennes sur l'écorce, pourcentage d'annélation sur ces arbres) seront analysés. Au cours de cette étude, les analyses devront permettre (i) de caractériser la zone d'étude, (ii) de définir les habitudes alimentaires de la famille de Castor d'Europe présente dans cette zone avant les travaux, (iii) d'évaluer la modification de ce cheminement alimentaire après les travaux, (iv) et de répertorier les zones non touchées, particulièrement importantes dans cette UC car elles renferment les géniteurs potentiels de peuplier noir à l'origine des futures générations.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

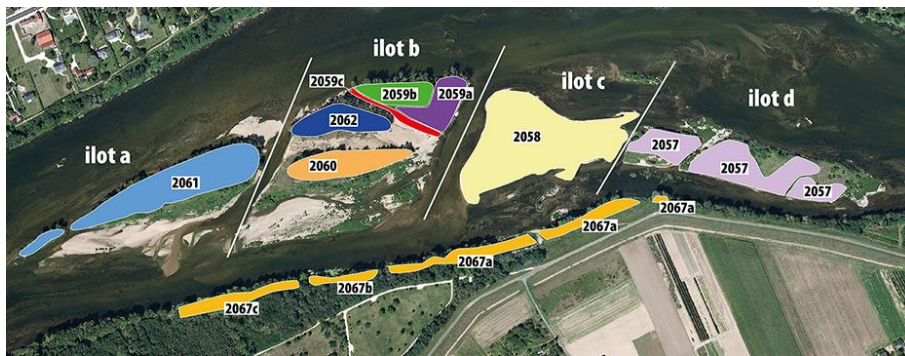


Figure 1. Vue aérienne des îles de Mareau-aux-Prés. Classification en îlots et écotopes

La mosaïque d'îles de Mareau-aux-Prés (Loiret; 47°51'51''N ; 1°46'42''E) est composée d'un ensemble de six îlots et de la berge sud du fleuve (Fig. 1). Ces sept écotopes (ou unités écologiques) ont été définis dans une précédente étude (Projet ISS LOIRE 2008) selon une classification établie par Cornier (2002).

Dans cette étude, deux écotopes sur sept ne seront pas considérés. En effet, l'écotop 2059 (a et b) se caractérise par une végétation de type forêt mixte à bois dur (*Quercus* sp., *Juglans* sp., *Ulmus* sp., etc...) non appétante pour le Castor d'Europe. Le second écotop (2058) a été détruit par les travaux en septembre 2012 et ne figurera donc pas non plus dans les résultats suivants. Cependant, il est important de rappeler qu'avant les travaux d'entretien du lit de la Loire, cet écotop comprenait une végétation à Peuplier noir (issue de semis de 2004 et 2005), recépée annuellement par la famille de castor, constituant ainsi la principale zone d'alimentation du Castor d'Europe (données INRA non publiées).

L'ensemble de la zone d'étude a été prospectée avant (juillet-août 2012) et après (juillet-août 2013) travaux dans l'objectif de marquer, géo-référencer et phénotyper la végétation ligneuse et de géo-référencer les traces d'activités de la famille de Castor d'Europe présente sur le site depuis 1982 (Com. pers. ONCFS).

Mesures phénotypiques

Caractérisation de la végétation

La totalité des formations ligneuses des îles de Mareau-aux-Prés a été phénotypée selon deux critères principaux : l'espèce (*Populus nigra* ou *Salix* sp.) et le port végétal (tige ou rejets sur souche). En effet, les individus dont le brin principal a une circonférence supérieure à 10 cm ont été qualifiés de « tiges adultes ». En opposition, les individus

présentant un port plus arbustif avec de multiples rejets sur souche ont été qualifiés de « rejets sur souche » (Cf. annexe 1). La circonférence des tiges adultes a été mesurée à 1m30.

Une tige adulte n'est pas systématiquement associée à un génotype unique. En effet, la ripisylve est un milieu extrêmement dynamique en termes d'hydrologie et de sédimentologie. Il est donc possible qu'un individu (x) partage le même système racinaire qu'un individu (y), alors que ce dernier est «visuellement» distant du premier. En effet, après destruction de la partie aérienne (crues, castor, tempêtes...), les Salicacées ont la faculté de régénérer de nouvelles pousses végétatives (souvent multiples). Et lors d'une crue, l'apport massif de sédiments peut recouvrir la base de l'individu endommagé (cépée) : après plusieurs années de croissance et des apports sédimentaires successifs, les pousses issues d'un même individu sont devenues des tiges adultes. Elles peuvent être espacées et visuellement peuvent apparaître comme distinctes.

Caractérisation de la pression d'herbivorie

Afin d'estimer la pression d'herbivorie exercée par le Castor d'Europe, sur la végétation ligneuse, deux critères ont été ajoutés. Le phénotype « tiges adultes touchées » est associé aux tiges adultes présentant des traces d'écorçage liées aux activités alimentaires du Castor d'Europe. Par opposition, les individus ne présentant aucune trace d'écorçage sont associés au phénotype « tiges adultes saines ». Pour les tiges adultes touchées, l'écorçage a également été quantifié par l'estimation du pourcentage d'annélation (1 à 25%, 25 à 50%, 50 à 75% et 75 à 100%). En ce qui concerne les rejets sur souche, ce phénotype a été systématiquement interprété comme synonyme d'anciennes tiges adultes tombées par le Castor d'Europe.

Marquage et Géo-référencements

La végétation ligneuse

En 2012, la totalité des formations ligneuses (tiges adultes et rejets sur souche) a été géo-référencée à l'aide d'un GPS Nautix X7 (Getak) dont la précision varie de 1 à 3m. Certaines tiges adultes ont également été étiquetées pour faciliter le repérage visuel.

En 2013, seuls les rejets sur souche ont fait l'objet d'un nouveau géo-référencement. En effet, les tiges adultes sont facilement discernables au sein de la végétation dense et il a été relativement simple de revenir sur chaque tige, identifiée lors des mesures estivales de 2012. Pour les rejets sur souche, la tâche fut moins aisée. En effet, chaque individu peut présenter une multitude de brins plus ou moins enchevêtrés avec ceux des individus voisins et s'étaler

sur une surface plus ou moins importante ; il n'a donc pas été possible de revenir précisément sur chaque individu identifié au cours de l'été 2012. Ces individus au port arbustif plus ou moins dense ont donc à nouveau été référencés et géo-référencés en 2013.

Les traces d'activités du Castor d'Europe

Afin d'avoir une idée du comportement de la famille de Castor d'Europe présente sur la zone d'étude, différentes traces liées à l'habitat, aux déplacements et aux zones de nourrissage ont été relevées et géo-référencées.

Sur la Loire, le Castor d'Europe vit dans un terrier hutte creusé sous un arbre de gros diamètre (Fustec et al. 2001). Plusieurs terriers hutte (terrier principal et terriers annexes) peuvent être dispersés sur le domaine vital d'une seule famille (Cf. annexe 2). Lors de ses déplacements quotidiens (plutôt nocturne) et notamment lorsqu'il quitte le milieu terrestre pour le milieu aquatique, le Castor d'Europe laisse des traces appelées « toboggans » (Cf. annexe 2). Enfin les réfectoires sont d'autres indices qui témoignent de l'activité alimentaire du Castor d'Europe sur la zone d'étude. Ce sont des zones d'eau dans lesquelles il consomme l'écorce et les feuilles des branches fraîchement coupées. En général, ils sont reconnaissables par la présence de branches totalement écorcées, flottants dans l'eau.

Traitement des données et analyses statistiques

Saisies des données de terrain

Au cours des campagnes de terrain 2012 et 2013, les données concernant la végétation ligneuse (espèce, circonférence), la présence du Castor d'Europe sur la zone d'étude (toboggans, terriers huttes, réfectoires) et la pression d'herbivorie sur la végétation ligneuse (écorçage, pourcentage d'annélation sur les tiges adultes) ont été collectées. Ces données 2012 et 2013 ont été saisies, vérifiées, organisées et classées dans un tableur Excel. En raison du grand nombre d'individus analysés ($n_{2012} = 2293$ individus et $n_{2013} = 2538$ individus), ce travail de base a été long et fastidieux.

Représentation spatiale

Afin de visualiser la répartition géographique des individus analysés, les données géo-référencées ont été représentées sous SIG. Ainsi les analyses thématiques conduites à l'aide du logiciel QGIS 2.0.1 v. Dufour ont permis la réalisation de cartes présentant la distribution spatiale des individus en fonction de leur phénotype (tiges adultes touchées, tiges adultes

saines, rejets sur souche) et les traces d'activités du Castor d'Europe (terriers huttes, toboggans) en 2012 et en 2013.

Analyses statistiques (...)

Pour la plupart des données disponibles, les variables étudiées sont des variables qualitatives (espèce, port végétal, pression d'herbivorie). Ainsi, les analyses statistiques ont été réalisées en se focalisant sur des comparaisons de proportions. En ce qui concerne les variables quantitatives (circonférence, longueur, latitude et distance par rapport au terrier hutte principal), elles n'ont pas fait l'objet d'études indépendantes ; elles ont été examinées dans une analyse multidimensionnelle visant à expliquer une variable qualitative (ici le pourcentage d'annélation) à partir de variables explicatives quantitatives (circonférence, longueur, latitude et distance par rapport au terrier hutte principal).

Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique R (R Development Core Team 2008).

(...) en vue de caractériser la végétation ligneuse en 2012

Afin de caractériser la végétation ligneuse présente sur la zone d'étude, différentes variables ont été étudiées.

Tout d'abord, les analyses se sont focalisées sur la circonférence moyenne des tiges adultes observées dans chaque écotope. Après avoir testé la normalité à l'aide du test de Shapiro-Wilk, le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a permis de vérifier l'égalité des médianes entre les unités paysagères. L'hypothèse nulle définissant l'égalité des médianes dans la population n'étant pas vérifiée, un test de comparaison de Mann-Whitney-Wilcoxon a été effectué dans le but de comparer chaque unité écologique entre elles.

Puis, afin d'avoir une idée de l'architecture végétale et de la diversité spécifique présente dans chaque îlot, les analyses se sont concentrées sur l'étude des proportions de tiges adultes et de rejets sur souche de *P. nigra* ou *Salix sp.* dans chaque écotope.

(...) en vue de caractériser la pression d'herbivorie sur chaque écotope en 2012 et 2013

Afin d'estimer les habitudes alimentaires de la famille de Castor d'Europe avant (2012) et après travaux (2013) et dans l'objectif d'évaluer la modification de celles-ci entre 2012 et 2013, les analyses statistiques se sont basées sur la comparaison des écotopes entre ces deux périodes. Les unités écologiques ont été classées selon deux critères permettant

d'estimer la pression d'herbivorie du mammifère : la proportion de tiges adultes touchées et la proportion de rejets sur souche (synonyme de consommation par le Castor d'Europe). Puis, les analyses de comparaison de classifications se sont focalisées sur des tests d'hypothèses visant à comparer deux proportions indépendantes.

Ainsi, ont été comparées la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie « xxxx » et la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie « yyyy » en 2012 puis en 2013.

Les premiers tests réalisés sont des tests bilatéraux avec pour hypothèse nulle H_0 : « la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie xxxx est égale à la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie yyyy » et pour hypothèse alternative H_1 : « la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie xxxx est significativement différente de la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie yyyy ».

Lorsque ces tests se révèlent positifs, qu'il y a donc rejet de H_0 et que par suite, l'égalité des proportions est réfutée, alors un test unilatéral est réalisé afin d'établir un classement hiérarchique entre écotopes. Dans ces tests, l'hypothèse alternative H_1 est alors : « la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie xxxx est significativement supérieure ou inférieure à la proportion de tiges adultes consommées dans l'écotopie yyyy »

En ce qui concerne les rejets sur souches, les analyses ont été réalisées selon le même modèle.

Le rejet de H_0 sera décidé au risque $\alpha = 5\%$ de se tromper si le test statistique renvoie une p-value inférieur à 5%.

A la suite des tests statistiques, les écotopes ont été hiérarchisés de manière à obtenir, pour 2012 et 2013, le classement des écotopes en fonction (i) de la proportion des tiges adultes touchées dans l'ordre croissant et (ii) de la proportion de rejets sur souches présente dans la zone dans l'ordre croissant.

(...) en vue de caractériser l'évolution de la végétation ligneuse entre 2012 et 2013

Afin d'estimer l'évolution végétale à l'échelle de chaque écotopie, pris indépendamment, de nouveaux tests d'hypothèses sont réalisés. La proportion de tiges adultes de *P. nigra* étant nettement supérieure à celle de *Salix sp.* (cf. résultats caractérisation de la zone d'étude) il a été décidé de ne plus considérer les espèces indépendamment et de raisonner plutôt sur le port végétal (tiges adultes ou rejets sur souche).

Pour comparer les proportions de tiges adultes observées en 2012 à celles observées en 2013 pour chaque écotopie, des tests bilatéraux visant à comparer une proportion inconnue p

avec une proportion connue p_0 ont été effectués. Ces tests sont réalisés selon le modèle précédent, avec p_0 , la proportion de tiges adultes observée en 2012 et p la proportion de tiges adultes observée en 2013.

(...) en vue de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre les données qualitatives

Afin de chercher les éventuelles liaisons entre les différentes variables étudiées, l'ensemble des données qualitatives a été soumis à une analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette méthode d'analyse multidimensionnelle permet de décrire les corrélations existantes entre des variables qualitatives. Vu l'importance du jeu de données, les résultats de l'analyse seront présentés sous la forme de « Mosaicplot ». Cette représentation graphique présente l'avantage de simplifier la lecture des résultats issus du test statistique. Ce test vise à calculer le résidu standardisé de Pearson (d_{ij}) qui exprime la contribution du couple (i,j) à la statistique du χ^2 ; avec i et j les modalités respectives de chaque variable.

(...) en vue d'expliquer la variabilité observée dans le pourcentage d'annélation par les variables quantitatives

Pour mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre certaines données quantitatives (circonférence, latitude, longitude, distance au terrier hutte) et le pourcentage d'annélation observé sur les tiges adultes et afin de tenter de comprendre une partie du comportement alimentaire de la famille de castor, une analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée. Cette analyse statistique multidimensionnelle vise à expliquer les valeurs d'une variable qualitative (ici le pourcentage d'annélation) à partir de données quantitatives (ici la circonférence, la latitude, la longitude ou encore la distance des tiges adultes par rapport au terrier hutte principal). Cette méthode cherche à déterminer la ou les variables quantitatives qui discriminent au mieux les classes générées par la variable qualitative.

RESULTATS

Etat des lieux avant travaux (t_0) juillet-août 2012

Les mesures de 2012 ont permis de dresser un état des lieux de la végétation ligneuse présente sur la zone d'étude avant (t_0) l'intervention des travaux de dévégétalisation en septembre 2012. Les analyses se sont focalisées sur (i) la caractérisation de la végétation

présente sur chaque écotope et (ii) la pression d'herbivorie supportée par chaque îlot. Ainsi, pour chaque unité écologique, un inventaire précis de la végétation ligneuse a été réalisé.

Cette première campagne de terrain et les analyses statistiques associées ont conduit aux résultats suivants (travail débuté au cours du Master I, BOPE, Univ. Orléans, Juin 2013)

Visualisation spatiale des données géo-référencées



Figure 2. Répartition spatiale des individus et des traces d'activités du Castor d'Europe dans les îles de Mareau-aux-Prés en été 2012 (avant les travaux de septembre 2012).

En 2012, 1531 tiges adultes et 762 rejets sur souche ont été géo-référencés et phénotypés. De plus, 4 terriers hutte (1 principal et 3 annexes) ainsi que 70 toboggans ont été géo-référencés. Parmi ces 70 toboggans, 30 sont localisés dans l'écotope 2058 détruit.

Caractérisation de la végétation ligneuse en 2012

Circonférence 2012

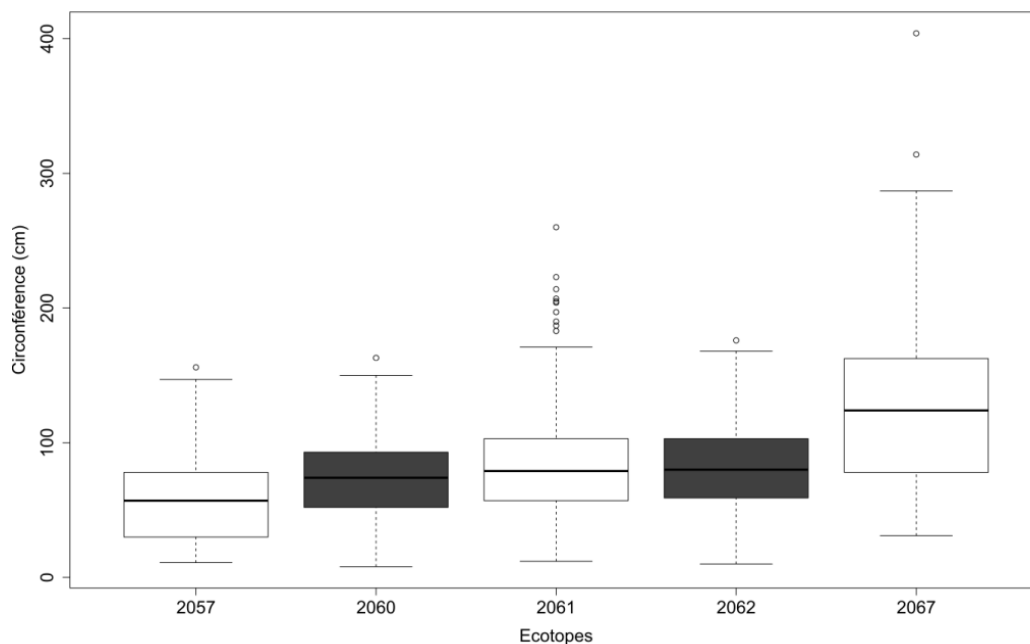


Figure 3. Circonférence des tiges adultes en fonction des écotopes

D'après le test de Kruska-Wallis, il y a rejet de l'hypothèse d'égalité, il est donc admis qu'au moins une des médianes de la population diffère d'au moins une autre médiane. Les résultats du test de comparaison deux à deux de Mann-Whitney-Wilcoxon sur chaque couple de médianes sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau I. Résultats du test de comparaison des médianes entre écotope au risque $\alpha = 5\%$

		Écotope (Médiane 1)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Écotope (Médiane 2)	2057	-	***	***	***	***
	2060	≠	-	*	*	***
	2061	≠	≠	-	ns	***
	2062	≠	≠	=	-	***
	2067	≠	≠	≠	≠	-

* : significatif (p-value < 5%) ; ** : très significatif (p_value < 1%) ; *** : hautement significatif (p_value < 1%)
 = : p₁ égale p₂ ; ≠ : p₁ différent de p₂

Deux écotopes se détachent : les circonférences des tiges adultes de 2057 et 2067 sont significativement différentes des 4 autres écotopes. Néanmoins pour les écotopes 2061 et 2062, les circonférences des tiges adultes ne sont pas significativement différentes.

Espèce et port végétal 2012

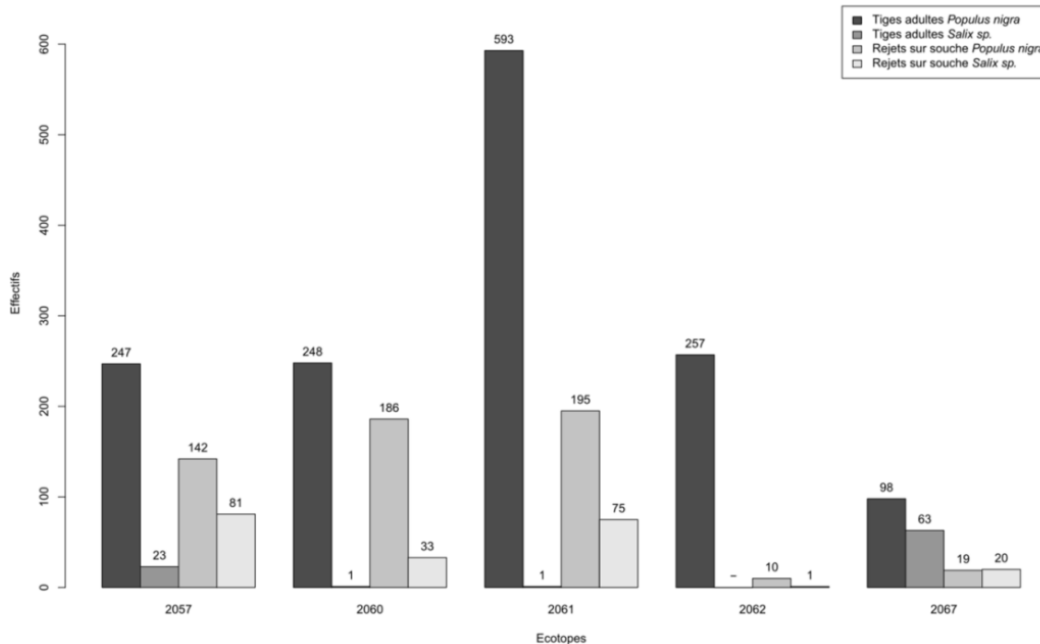


Figure 4. Nombre de tiges adultes et de rejets sur souche par espèce et par écotope en 2012

Tableau II. Proportion de tiges adultes et de rejets sur souche par espèces et par écotope en 2012.

Ports et espèce		Écotope				
		2057	2060	2061	2062	2067
Tiges adultes	<i>Populus nigra</i>	91%	100%	100%	100%	61%
	<i>Salix sp.</i>	9%	0%	0%	0%	39%
Rejets sur souche	<i>Populus nigra</i>	64%	85%	72%	91%	49%
	<i>Salix sp.</i>	36%	15%	28%	9%	51%
Ensemble des individus	Tiges adultes	55%	53%	69%	96%	81%
	Rejets sur souche	45%	47%	31%	4%	20%

En 2012, *Populus nigra* est l'espèce dominante dans l'ensemble des îlots. En effet, dans les écotopes 2057, 2060, 2061 et 2062, il représente plus de 90% des tiges adultes. Cependant, dans l'écotopie 2067 situé sur la berge, *P. nigra* ne représente que 61% des tiges adultes. En effet, cette zone renferme également une forte proportion de tiges adultes de *Salix sp.* (39%). De plus, les écotopes 2057 et 2060 montrent une importante proportion de rejets sur souche. En effet plus de 45% des individus présents dans ces unités écologiques adoptent un port arbustif. Les autres écotopes 2061, 2062, et 2067 renferment respectivement 31%, 4% et 20% de rejets sur souche.

Interactions Castor vs végétation 2012

Pression d'herbivorie exercée sur les tiges adultes 2012

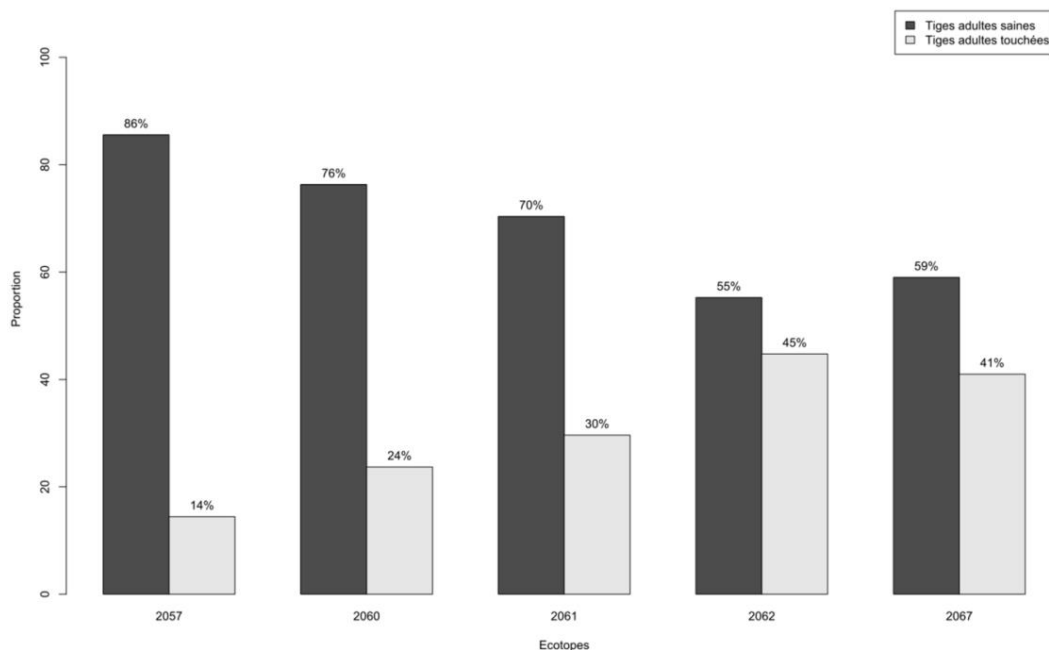


Figure 5. Proportion de tiges adultes saines et touchées par écotopie en 2012

En 2012, l'écotopie 2057 apparaît comme l'îlot renfermant la plus faible proportion de tiges adultes consommées par le Castor d'Europe. En effet, 14% des tiges adultes présentes sur cette zone montrent des traces d'écôrçages. Les écotopes 2062 et 2067 sont les zones qui

supportent la plus forte pression d’herbivorie sur tiges adultes avec plus de 40% des individus touchés.

Les analyses statistiques réalisées dans le but d’établir une classification hiérarchique ont conduit aux résultats suivants :

Tableau III. Tests de comparaison de proportions de tiges adultes touchées entre écotope au risque $\alpha = 5\%$

		Ecotope (Proportion1)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ecotope (Proportion 2)	2057	-	**	***	***	***
	2060	<	-	ns	***	***
	2061	<	=	-	***	**
	2062	<	<	<	-	ns
	2067	<	<	<	=	-

* : significatif(p-value < 5%) ; ** : très significatif(p_value < 1%) ; *** : hautement significatif (p_value < 1%)
 = : p₁ égale p₂ ; < : p₁ inférieur à p₂ ; > : p₁ supérieur à p₂

Ainsi, de l’écotope présentant la plus faible proportion de tiges adultes touchées vers l’écotope présentant la plus grande proportion de tiges adultes touchées, la classification établie est la suivante :

$$2057 < 2060 = 2061 < 2062 = 2067$$

Pression d’herbivorie exercée sur les rejets sur souches en 2012

Les rejets sur souches, considérés comme d’anciennes tiges adultes tombées par le Castor d’Europe sont analysés de la même manière que précédemment. Les analyses statistiques réalisées dans le but d’ordonner les écotopes en fonction de la proportion de rejets sur souche ont conduit aux résultats suivants :

Tableau IV : Tests de comparaisons des proportions de rejets sur souches entre écotope au risque $\alpha = 5\%$

		Ecotope (Proportion1)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ecotope (Proportion 2)	2057	-	ns	***	***	***
	2060	=	-	***	***	***
	2061	>	>	-	***	***
	2062	>	>	>	-	***
	2067	>	>	>	<	-

* : significatif(p-value < 5%) ; ** : très significatif(p_value < 1%) ; *** : hautement significatif (p_value < 1%)
 = : p₁ égale p₂ ; < : p₁ inférieur à p₂ ; > : p₁ supérieur à p₂

Ainsi, de l’écotope présentant la plus faible proportion vers l’écotope présentant la plus grande proportion de rejets sur souches, la classification établie est la suivante :

$$2062 < 2067 < 2061 < 2060 = 2057$$

Etat des lieux après travaux (t₁) juillet-août 2013 et comparaison 2012 vs 2013

Afin d'estimer l'impact des travaux de dévégétalisation sur la modification du cheminement alimentaire de la famille de Castor d'Europe, les mesures réalisées après les travaux (2013) ont été comparées à celles effectuées avant les travaux (2012). Les analyses ont alors été réalisées dans l'objectif de (i) caractériser l'évolution de la végétation ligneuse entre ces deux années et (ii) d'estimer la pression d'herbivorie supportée par chaque écotope en 2013.

Visualisation spatiale des données géo-référencées 2013



Figure 6. Répartition spatiale des individus et des traces d'activités du Castor d'Europe en été 2013 (après les travaux de septembre 2012).

En 2013, 1393 tiges adultes et 1145 rejets sur souche ont été géo-référencés et phénotypés. De plus, 4 terriers hutte (1 principal et 3 annexes) ainsi que 69 toboggans ont été géo-référencés.

Espèce et port végétal 2013

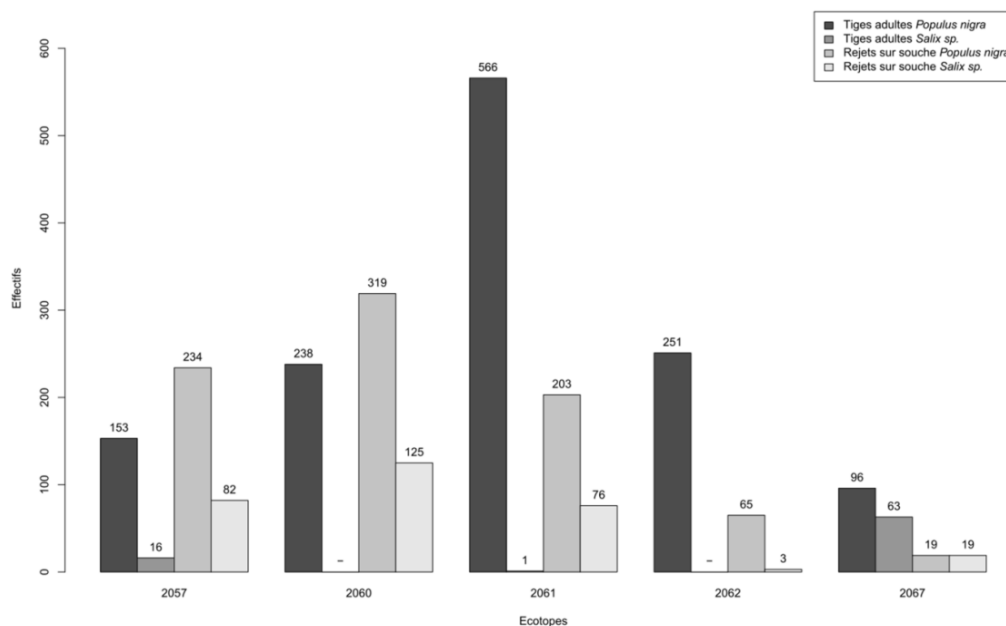


Figure 7. Nombre de tiges adultes et de rejets sur souche par espèce et par écotope en 2013

Tableau V. Proportions de tiges adultes et de rejets sur souche par écotope en 2013

Ports et espèce		Ecotope				
		2057	2060	2061	2062	2067
Tiges adultes	<i>Populus nigra</i>	91%	100%	100%	100%	60%
	<i>Salix sp.</i>	9%	0%	0%	0%	40%
Rejets sur souche	<i>Populus nigra</i>	74%	72%	73%	96%	50%
	<i>Salix sp.</i>	26%	28%	27%	4%	50%
Ensemble des individus	Tiges adultes	35%	35%	67%	79%	81%
	Rejets sur souche	65%	65%	33%	21%	19%

Caractérisation de l'évolution de la végétation ligneuse entre 2012 et 2013

Afin d'estimer l'impact des travaux de dévégétalisation sur la distribution des tiges adultes et des rejets sur souche, les analyses statistiques ont été réalisées en se focalisant sur la comparaison des proportions respectivement observées en 2012 et 2013.

Tableau VI. Proportions de tiges adultes et de rejets sur souche par écotope en 2012 et 2013

Ports et espèce		Ecotope				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ensemble des individus 2012	Tiges adultes	55%	53%	69%	96%	81%
	Rejets sur souche	45%	47%	31%	4%	20%
Ensemble des individus 2013	Tiges adultes	35%	35%	67%	79%	81%
	Rejets sur souche	65%	65%	33%	21%	19%

A l'échelle des écotopes, les proportions de tiges adultes ont évolué entre 2012 et 2013 dans un certain nombre d'écotope (2057, 2060 et 2062). La réalisation du test de comparaison de proportions dont les résultats figurent ci-dessous a permis de vérifier cette hypothèse.

Tableau VII. Tests de comparaisons des proportions de tiges adultes présentes dans chaque écotope entre 2012 et 2013 au risque $\alpha = 5\%$

		Ecotope (Proportion 2012)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ecotope (Proportion 2013)	2057	***	-	-	-	-
	2060	-	***	-	-	-
	2061	-	-	ns	-	-
	2062	-	-	-	***	-
	2067	-	-	-	-	ns

* : significatif (p-value < 5%); ** : très significatif (p_value < 1%); *** : hautement significatif (p_value < 1%)

Pour les écotopes 2057, 2060 et 2062, l'hypothèse d'égalité des proportions est rejetée. La proportion de tiges adultes observée (par rapport au rejets sur souche) dans ces écotopes est donc significativement différente d'une année à l'autre. En ce qui concerne les écotopes 2061 et 2067, il y a non rejet de l'hypothèse d'égalité des proportions. Les proportions de tiges adultes observées entre 2012 et 2013 ne sont donc pas significativement différentes.

Par extension, comme $p_{(\text{rejet sur souche})} = 1 - p_{(\text{tiges adultes})}$, il en est de même pour les proportions de rejets sur souches.

Dans le cadre du programme de conservation *in situ* des ressources génétiques de *P. nigra*, il est nécessaire de se focaliser sur les tiges adultes. En effet, l'identification des zones les moins touchées est particulièrement importante dans cette UC car ces zones renferment les géniteurs potentiels de *P. nigra* à l'origine des futures générations. Le nombre de géniteurs disparus est le suivant :

Tableau VIII. Nombre tiges adultes tombées entre 2012 et 2013 par écotope et par espèce

Ports et espèce	Écotope				
	2057	2060	2061	2062	2067
Tiges adultes <i>Populus nigra</i>	94	10	18	6	2
<i>Salix sp.</i>	7	1	0	0	0

Interactions Castor vs végétation 2013

Dans cette partie, les analyses statistiques cherchent à mesurer la proportion d'individus consommés³ (ou « touchés ») dans chaque écotope et ainsi caractériser le cheminement alimentaire de la famille de Castor d'Europe après les travaux.

Pression d'herbivorie exercée sur les tiges adultes, observée en 2013

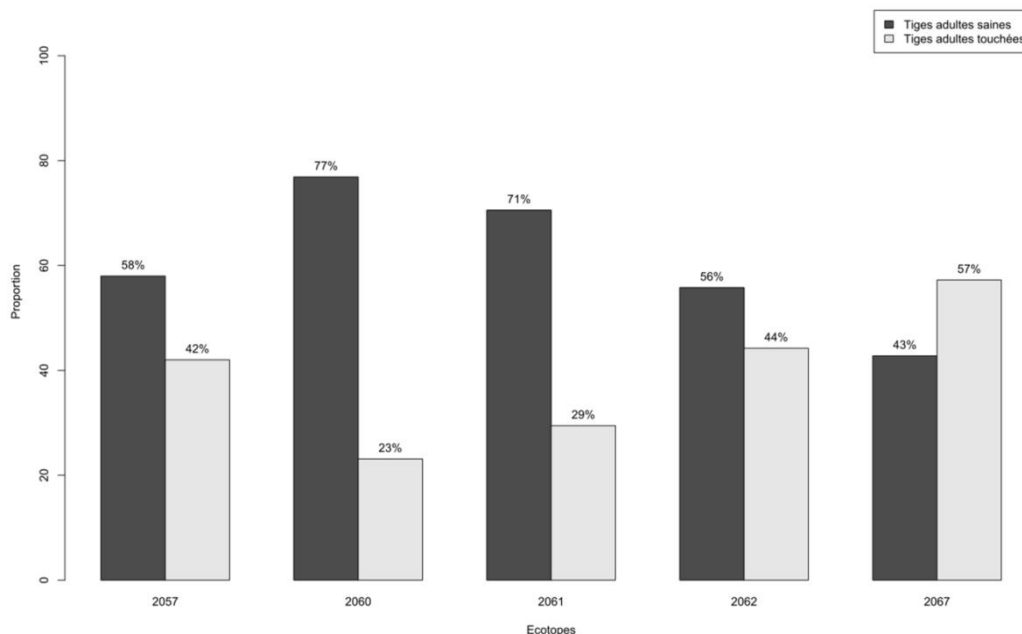


Figure 8. Proportion de tiges adultes saines et touchées par écotope en 2013

En 2013, les écotopes 2060 et 2061 apparaissent comme les îlots renfermant la plus faible proportion de tiges adultes consommées. En effet, moins de 30% des tiges adultes

³ Le terme « consommé » correspond aux arbres annelés à 25%, 50%, 75%, 100% ou tombés.

présentes dans ces zones montrent des traces d'écorçage liées aux activités alimentaires du Castor d'Europe. Les écotopes 2057, 2062 et 2067 sont les îlots qui supportent la plus forte pression d'herbivorie sur tiges adultes avec plus de 40% des individus touchés.

Les analyses statistiques réalisées dans le but d'établir une classification hiérarchique ont conduit aux résultats suivants :

Tableau IX. Test de comparaison de proportions de tiges adultes touchées entre écotope au risque $\alpha = 5\%$

		Ecotope (Proportion1)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ecotope (Proportion 2)	2057	-	***	**	ns	**
	2060	>	-	ns	***	***
	2061	>	=	-	***	***
	2062	=	<	<	-	**
	2067	<	<	<	<	-

* : significatif(p-value < 5%); ** : très significatif(p_value < 1%); *** : hautement significatif (p_value < 1‰)
 = : p₁ égale p₂ ; < : p₁ inférieur à p₂ ; > : p₁ supérieur à p₂

Ainsi, de l'écotope présentant la plus faible proportion de tiges adultes touchées vers l'écotope présentant la plus grande proportion de tiges adultes touchées, la classification est la suivante :

$$2060 = 2061 < 2057 = 2062 < 2067$$

Pression d'herbivorie exercée sur les rejets sur souches en 2013

Les rejets sur souches sont considérés comme d'anciennes tiges adultes tombées par le Castor d'Europe. Comme précédemment, les analyses statistiques réalisées ont permis d'obtenir une classification hiérarchique. Les résultats issus des tests de comparaisons de proportions indépendantes ont conduit aux résultats suivants :

Tableau X. Tests de comparaisons des proportions de rejets sur souches entre écotope au risque $\alpha = 5\%$

		Ecotope (Proportion1)				
		2057	2060	2061	2062	2067
Ecotope (Proportion 2)	2057	-	ns	***	***	***
	2060	=	-	***	***	***
	2061	>	>	-	***	***
	2062	>	>	>	-	ns
	2067	>	>	>	=	-

* : significatif(p-value < 5%); ** : très significatif(p_value < 1%); *** : hautement significatif (p_value < 1‰)
 = : p₁ égale p₂ ; < : p₁ inférieur à p₂ ; > : p₁ supérieur à p₂

Ainsi, en 2013, de l'écotope présentant la plus faible proportion de rejets sur souche vers l'écotope présentant la plus grande proportion de rejets sur souche, la classification établie est la suivante :

$$2067 = 2062 < 2061 < 2060 = 2057$$

Analyse factorielle des correspondances

Suite à l'analyse des nombreux Mosaicplot (45 graphiques) résultant de l'analyse factorielle des correspondances (AFC), aucune corrélation n'a permis d'apporter de réponses supplémentaires au questionnement scientifique de l'étude. Cependant plusieurs corrélations entre variables qualitatives ont permis de confirmer les résultats, obtenus lors des analyses précédentes.

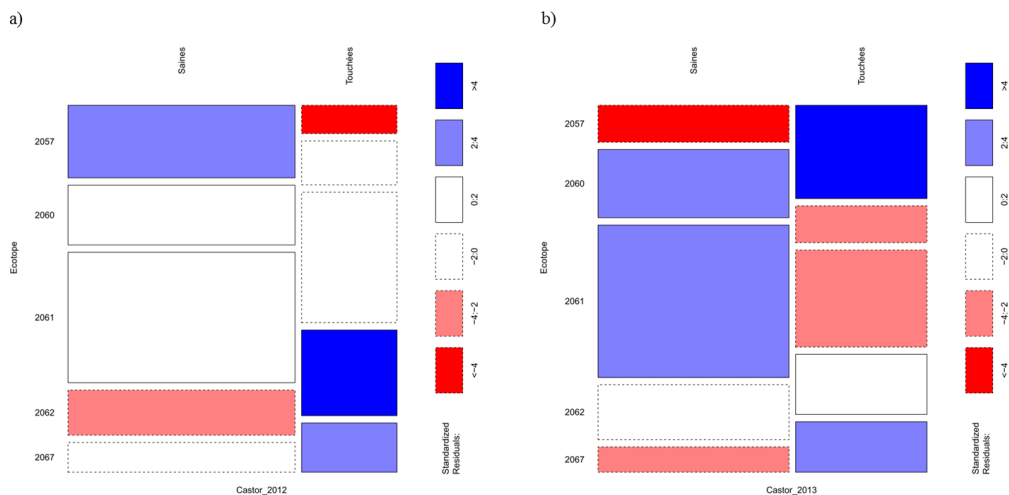


Figure 9. Mosaicplot issu de l'AFC : corrélations entre tiges adultes saines ou touchées et écotope.

(a) 2012 (b) 2013. Rouge : corrélation négative ; bleu : corrélation positive

Ainsi, une corrélation positive entre les écotopes identifiés comme les plus touchés (2067 et 2062 en 2012 ; 2057 et 2067 en 2013) et le phénotype « tiges adultes touchées » a été montrée et inversement.

Analyse factorielle discriminante

L'analyse factorielle discriminante (AFD) n'a pas permis d'établir de structuration graphique. En effet, l'existence des différentes classes d'annélation (25%, 50%, 75%, 100%) n'est pas expliquée par les variables quantitatives étudiées (circonférence, latitude, longitude ou distance des tiges adultes par rapport au terrier hutte principal).

DISCUSSION

Le site d'étude : un milieu naturel complexe

D'une manière générale, dans la mosaïque d'îles de Mareau-aux-Prés, la végétation ligneuse est irrégulièrement distribuée sur les cinq écotopes. Que ce soit d'un point de vue port végétatif (tiges adultes ou rejets sur souche) ou spécifique (*Populus nigra* ou *Salix sp.*) des dissemblances notables entre écotopes ont été observées. En effet, l'étude a mis en évidence l'importante proportion de tiges adultes de *P. nigra* (> 90%) dans les écotopes des îlots. Cependant, dans l'écotope 2067, situé sur la berge, les résultats ont montré une distribution plus équilibrée avec 40 % de tiges adultes de saule blanc.

Cette répartition hétérogène au sein des cinq écotopes reste inexplicée et différentes hypothèses peuvent alors être envisagées : (i) la première porte sur la biologie même des saules. En effet, cette espèce pourrait être plus sensible aux décrochements de nappe phréatique lors de la période estivale et connaître un important taux d'échec lors de l'installation des semis. L'abaissement du niveau d'étiage, causée par l'incision du lit de la Loire, suite à l'exploitation de son sable jusque dans les années 1992, vient renforcer cette hypothèse (ii) la seconde porte sur la dynamique du milieu. En effet, la forêt alluviale est un écosystème très actif, régulé par le régime hydraulique et par la dynamique latérale du cours d'eau (Pautou et al. 2003 ; Naiman et al. 2005). Au cours des périodes de crue, la végétation ligneuse est très chahutée par les forts courants (Rodrigues et al. 2007). Les tiges adultes de *Salix sp.* pourraient alors être moins résistantes vis-à-vis de la contrainte hydraulique et être emportées par la perturbation.

Enfin, la pression d'herbivorie exercée par le Castor d'Europe sur la zone d'étude pourrait également expliquer cette distribution irrégulière. En effet, son régime alimentaire se compose principalement d'espèces ligneuses avec une préférence accrue pour les saules et les peupliers (Fustec et al. 2001 ; Haarberg and Rosell 2006 ; Krojerová-Prokešová et al. 2010 ; Ruys et al. 2011). De plus, lors d'une précédente étude, il a été montré que la consommation des tiges, chez le saule, améliorerait considérablement la qualité nutritionnelle des feuilles (teneur en azote, eau, protéine) après repousse et diminuerait les concentrations de composés phénoliques (Veraart et al. 2006). Le Castor d'Europe pourrait alors préférentiellement orienter son alimentation vers ces jeunes rejets sur souche, particulièrement appétants, et contraindre ainsi les saules à un stade juvénile.

L'alimentation du Castor d'Europe : un cheminement préférentiel

Les résultats des analyses statistiques menées à partir des relevés de juillet-août 2012 ont permis de définir le cheminement alimentaire préférentiel de la famille de castor en 2012.

Dans l'écotope 2058, la totalité de la végétation ligneuse présente était recépée annuellement par le castor (données annuelles INRA de 2008 à 2012, non présentées). De plus, au moment des relevés, 30 toboggans sur 70 ont été répertoriés dans cette zone. Cet îlot constituait donc la principale zone d'alimentation du Castor d'Europe en 2012. Dans l'écotope 2062 (situé à proximité du terrier hutte principal) et 2067 (situé sur la berge), plus de 40% des tiges adultes montraient des traces d'annélations. Ces îlots occupaient donc également une place importante dans l'alimentation de la famille de castor.

En ce qui concerne les rejets sur souches, les proportions observées dans chaque écotope étaient inversement proportionnelles aux proportions des tiges adultes touchées. Ainsi les écotopes montrant la plus faible proportion de tiges adultes consommées (2057, 2060 et 2061) étaient également les écotopes présentant la plus grande proportion de rejets sur souche (> 30%). C'est pourquoi, à la suite de ces analyses, les rejets sur souche pourraient constituer un « filtre » à la consommation des tiges adultes par le Castor d'Europe et ainsi préserver les ressources génétiques, potentiellement florifères, participant chaque printemps à la reproduction de l'espèce. Dans le cas où cette hypothèse serait vraie, il faut alors s'attendre à une intensification de la pression d'herbivorie dans l'écotope 2057 en 2013. En effet, l'îlot 2058 qui comportait, jusqu'en septembre 2012, de nombreux rejets très denses, régulièrement consommés par le Castor d'Europe pourrait jouer ce rôle de filtre vis-à-vis de l'écotope 2057 qui, en 2012, montrait la plus faible proportion de tiges adultes consommées.

Les travaux : une perturbation anthropique dans un écosystème fragile...

Suite aux travaux de dévégétalisation entrepris sur les îles de Mareau-aux-Prés en septembre 2012, dans l'objectif de prévenir les risques d'inondations et de rétablir la dynamique hydraulique du fleuve, un important bouleversement de l'écosystème a été observé en 2013. Cette perturbation anthropique a eu des conséquences significatives sur la biodiversité locale en modifiant notamment les interactions Castor / Salicacées. Les analyses réalisées à partir des données de 2013, et comparées avec celle de 2012, ont permis de mettre en évidence un remaniement profond des écotopes 2057, 2060 et 2062. En effet, dans chacune de ces unités écologiques, la proportion de tiges adultes par rapport aux rejets sur souche a chuté de près de 20% et la proportion de rejets sur souche a augmenté d'autant. Cependant,

ces observations sont à nuancer. En effet, dans les écotopes 2060 et 2062 le nombre de rejets sur souche formés entre 2012 et 2013 est nettement supérieur au nombre de tiges adultes tombées durant cette même période (Fig. 4 et Fig. 7). Plusieurs causes peuvent être à l'origine de ce déséquilibre. Tout d'abord, en raison de l'architecture des rejets sur souche, il a été parfois difficile de distinguer précisément chaque individu, au sein d'immenses bosquets, formé par l'enchevêtrement dense des rejets sur souche. De plus, ayant démontré l'importance du rôle des rejets sur souche en 2012 (principal résultat du Master I), une attention particulière vis-à-vis de ce phénotype lors des mesures de l'été 2013 pourrait expliquer cette surreprésentation en 2013. Enfin, la dynamique du milieu pourrait également apporter une explication à ce déséquilibre. En effet, suite à la destruction de l'écotope 2058, les contraintes exercées par les courants sur l'îlot 2060 (en aval) ont été amplifiées. De plus, l'écotope 2062 (topographiquement le plus haut) a été exceptionnellement submergé par des crues de printemps inhabituelles (+2.33m le 7 mai 2013, +1.71m le 23 mai 2013 ; données Banque Hydro DREAL Centre). Ces événements hydrologiques majeurs se sont probablement accompagnés d'une importante destruction de la végétation et de dépôts sédimentaires conséquents, participant ainsi à la formation de nombreux rejets sur souche. Cette hypothèse semble la plus probable pour l'écotope 2060. Situés en aval de l'écotope 2058 détruit, il ne profite plus de son effet protecteur.

... une modification du cheminement alimentaire

Les travaux ont également eu des répercussions notables sur le cheminement alimentaire de la famille de castor, présente sur la zone d'étude. En effet, la pression d'herbivorie sur les tiges adultes s'est considérablement amplifiée dans l'écotope 2057. En effet cet îlot qui était le secteur le moins consommé en 2012, avec seulement 14% de tiges adultes touchées, est devenu, en 2013, la seconde zone la plus consommée avec 42% de tiges adultes touchées. L'hypothèse du rôle de filtre joué par l'écotope 2058 semble donc ici vérifiée. D'après le modèle décrit par Amoros et Petts (1993), ce filtre pourrait être assimilé à un filtre d'accumulation. L'écotope 2067 dans lequel la proportion de tiges adultes consommées a considérablement augmenté après cette perturbation entropique (+16%), reste, en 2013, la zone la plus touchée. Dans les écotopes 2060, 2061 et 2062, la proportion de tiges adultes consommées n'a pas significativement changé entre 2012 et 2013. Ces résultats démontreraient que ces îlots pourraient être des zones d'activités alimentaires anciennes, délaissées actuellement par le Castor d'Europe.

... des impacts indirects

Les travaux de dévégétalisation ont donc impacté le milieu à plusieurs niveaux. Ils ont eu des impacts directs en modifiant la dynamique hydraulique du milieu et les habitudes alimentaires de la famille de castor. Ces modifications ont également provoqué des réactions en cascade pouvant être perçues comme les impacts indirects de la perturbation anthropique sur l'écosystème. En effet, dans l'étude, le bouleversement des habitudes alimentaires a eu des conséquences importantes au niveau de la structure et de la composition végétale des îles de Mareau-aux-Prés. L'abattage des arbres crée des trouées dans les forêts riveraines et modifie la répartition des espèces et donc le paysage riverain (Collen and Gibson 2001 ; Pinto et al. 2009). Ces impacts étaient attendus : en effet de par sa stratégie alimentaire unique le castor est connu pour avoir la faculté de modifier considérablement la composition et la structure des communautés végétales riveraines (Krojerová-Prokešová et al. 2010). En effet, la perturbation du cheminement alimentaire de la famille de castor a conduit à des modifications de distribution et de structure de la végétation ligneuse (tiges adultes et rejets sur souche de *P. nigra* et *Salix. sp*) dans certains écotopes. De plus, dans l'unité écologique 2057, le phénomène décrit par Collen and Gibson (2001), est illustré par l'installation d'*Acer negundo* dans les trouées. Cette espèce, fortement compétitrice vis-à-vis des autres espèces végétales, est aujourd'hui répertoriée comme espèce invasive avérée en extension dans les milieux naturels de la Région Centre (Lasne 2014). Au vu de la progression inquiétante d'*Acer negundo* dans cette zone, une attention particulière sera portée à cette espèce invasive lors des relevés de juillet-août 2014. Enfin, d'un point de vue diversité génétique du peuplier noir, 130 tiges adultes sont tombées entre 2012 et 2013, avec plus de 70% d'entre elles dans l'écotope 2057, représentant autant de tiges adultes qui ne participeront plus à la reproduction sexuée et donc au brassage génétique de l'espèce. Pour évaluer le niveau de diversité génétique en 2013 (après travaux), les 130 individus abattus seront génotypés à l'aide de 10 marqueurs microsatellites et comparés à 250 génotypes des écotopes étudiées (50 individus par écotope).

Cependant, ces conséquences directes et indirectes ne reflètent qu'une partie de la réalité. En effet, ces travaux ont eu des conséquences importantes sur d'autres composantes de l'écosystème, actuellement étudiées par d'autres équipes de recherche participant au projet BioMareau (avifaune des grèves, entomologie carabidés, flore annuelle et pérenne).

Le castor : un « gestionnaire » de l'écosystème alluvial encore peu connu

Le comportement du castor reste encore peu étudié et peu documenté. La question relative à l'éventuel choix effectué par le castor lors de son alimentation reste à démontrer. En effet, bien que capable de sectionner des tiges de diamètre très important (105 cm max.), différents taux d'annélation (25%, 50%, 75%, 100%) ont pu être relevés sur la zone d'étude⁴, laissant supposer une sélectivité alimentaire. La principale hypothèse émise afin d'expliquer ces observations serait liée à un choix génotypique. En effet il serait probable que les annélations à 25% soient le reflet d'individus non appétants pour le castor. L'absence de corrélations lors de l'analyse factorielle discriminante (AFD) vient renforcer cette hypothèse. En effet, les classes d'annélation ne semblent pas s'expliquer par l'ensemble des variables quantitatives : longitudes, latitudes, circonférences, distance au terrier hutte. De plus, dans la bibliographie, il a été montré qu'une des stratégies de défense du peuplier vis-à-vis des herbivores serait la mise en place de mécanismes de défenses avec notamment la synthèse de composés secondaires dans ses tissus (Jones et al. 2009). Cette stratégie est relativement bien connue dans la défense des végétaux vis-à-vis de certains lépidoptères (Lindroth and St. Clair 2013). Dans la zone d'étude, il semble alors légitime de penser que certains génotypes puissent exprimer des concentrations de composés secondaires élevées de manière constitutive et réduire ainsi leur appétence pour le castor.

Afin de tester l'hypothèse du choix génotypique, un premier dispositif expérimental exploratoire *in situ*, de type randomisé comportant des répétitions de différents clones autochtones (2 x 5 blocs x 10 clones) a été mis en place en avril 2014 sur deux secteurs (2057 et 2062) particulièrement visités par le castor. De plus, il pourrait être intéressant de réaliser des dosages biochimiques afin de comparer les profils chimiques des individus présentant 25% d'annélation avec ceux des individus présentant 100% d'annélation. Ainsi, dans le cas d'un effet des composés secondaires sur la consommation du peuplier par le castor, il faudrait alors s'attendre à des profils biochimiques très différents.

Conclusions

Ce travail a permis de quantifier l'impact, négatif, des travaux d'entretien du lit de la Loire sur une des composantes de la biodiversité locale. Cependant, cette étude complexe, multidisciplinaire, localisée en milieu naturel n'est qu'une vision ponctuelle des effets de cette perturbation anthropique. Des financements sont activement recherchés pour poursuivre

⁴ Résultats non présentés.

les inventaires sur ces îlots, répertoriés comme secteur d'intérêt majeur de la Loire Moyenne dans le cadre de l'Observatoire de la Biodiversité de la Loire et de ses Affluents (OBLA, Plan Loire Grandeur Nature, coordination CITERES, université de Tours).

D'un point de vue conservation des ressources génétiques du peuplier noir et gestion du milieu naturel, il pourrait être intéressant de se focaliser sur le potentiel rôle de filtre des rejets sur souche afin de préserver un maximum de tiges adultes florifères, garant de la diversité génétique locale. Dans les îles de Mareaux-aux-Prés, cette sauvegarde est d'autant plus importante que la zone est localisée au sein d'une unité conservatoire (Villar et Forestier 2009 ; Koskela et al 2012) de peuplier noir. De plus, les trois zones plutôt préservées et peu visitées par la famille de castor avant et après travaux (écotopes 2060, 2062 et 2061) pourraient constituer des secteurs clés de grande importance de l'UC, puisqu'ils renfermeraient les potentiels géniteurs de peuplier noir à l'origine des futures générations.

Enfin, ce travail de recherche fut réalisé en milieu naturel et constitue une première étude originale sur l'écologie d'une ripisylve à fort enjeu de conservation de ressources génétiques forestières.

Références Bibliographiques

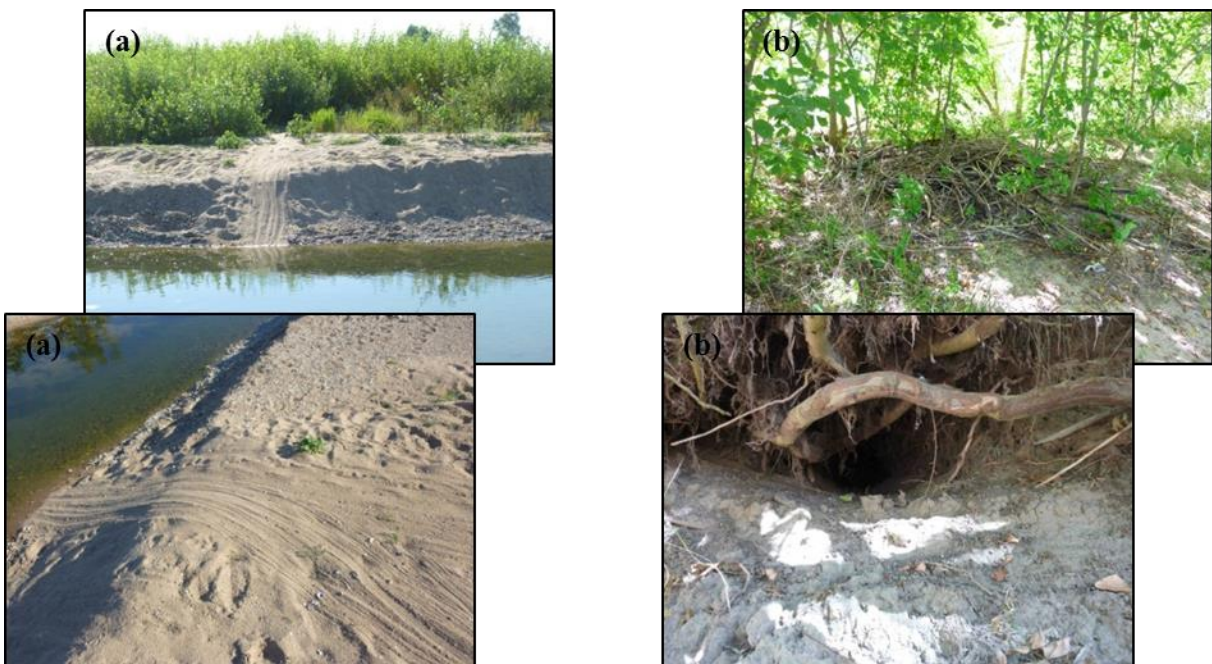
- Amoros C, Petts GE (1993) Hydrosystèmes fluviaux. Collection Écologie, Masson, Paris
- Collen P, Gibson RJ (2001) The general ecology of beavers (*Castor spp.*), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish – a review. *Rev Fish Biol Fish.* 10:439-461.
- Cornier T (2002) La végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou : essai de modélisation de l'hydrosystème. Thèse de doctorat, Université de Tours, Tours, 227 pp.
- Fustec J, Lode T, Le Jacques D, Cormier JP (2001) Colonization, riparian habitat selection and home range size in a reintroduced population of European beavers in the Loire. *Freshwater Biology.* 46:1361-1371.
- Haarberg O, Rosell F (2006) Selective foraging on woody plant species by the Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Telemark, Norway. *J Zool.* 270:201-208.
- Jones K, Gilvear D, Willby N, Gaywood M (2009) Willow and aspen regrowth after felling by the Eurasian beaver (*Castor fiber*): implications for riparian woodland conservation in Scotland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.* 19: 75–87.
- Koskela J, Lefèvre F, Schueler S et al. (2013) Translating conservation genetics into management: Pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. *Biological Conservation* 157: 39–49.
- Krojerová-Prokešová J, Barančeková M, Hamšíková L et al. (2010) Feeding habits of reintroduced Eurasian beaver: spatial and seasonal variation in the use of food resources. *J Zool.* 281:183-193.
- Lasne P (2014) L'Erable negundo : une menace pour le paysage ligérien. *La Loire et ses terroirs* 88:10
- Lefèvre F, Barsoun N, Heinze B et al. 2001. In situ conservation of *Populus nigra*. In EUFORGEN technical bulletin. IPGRI, Rome, Italy.
- Lindroth RL, St. Clair SB (2013) Adaptations of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) for defense against herbivores. *For Ecol Manage.* 299:14-21.
- Louarn HL, Quéré J-P (2003) Les rongeurs de France: faunistique et biologie, Quae eds.
- Michelot J-L, Greff N, Pont B (2003) Ripisylves et sites protégés. In : Piégay H et al. (eds) Les forêts riveraines des cours d'eau: écologie, fonctions et gestion. IDF, pp 352-367.
- Naiman RJ, Decamps H, McClain ME (2005) Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

- Pautou G, Piégay H, Ruffinoni C (2003) Forêts riveraines, ripisylves ou forêts alluviales : un compartiment complexe de l'hydrosystème. In : Piégay H et al. (eds) Les forêts riveraines des cours d'eau: écologie, fonctions et gestion. IDF, pp 10-28.
- Pinto B, Santos MJ, Rosell F (2009) Habitat selection of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) near its carrying capacity: an example from Norway. *Can J Zool* 87:317-325.
- Rodrigues S, Breheret JG, Macaire JJ, Greulich S, Villar, M (2007) In-channel woody vegetation controls on sedimentary processes and the sedimentary record within alluvial environments: a modern example of an anabranch of the River Loire (France). *Sedimentology*. 54: 223-242.
- Ruys T, Lorvelec O, Marre A, Bernez I (2011) River management and habitat characteristics of three sympatric aquatic rodents: common muskrat, coypu and European beaver. *Eur J Wildl Res*. 57:851-864.
- Veraart AJ, Nolet BA, Rosell F, de Vries PP (2006) Simulated winter browsing may lead to induced susceptibility of willows to beavers in spring. *Can J Zool* 84:1733-1742.
- Villar M, Forestier O (2009) Le Peuplier noir en France : pourquoi conserver ses ressources génétiques et comment les valoriser ? *Revue Forestière Française* LXI:457-465.
- Vorel A, Válková L, Hamšíková L, Maloň J, Korbelová J (2008) The Eurasian beaver population monitoring status in the Czech Republic. *Natura Croatica*. 17:217-232.

Annexes



Annexe 1. Phénotypes : écorçage sur tige adulte (a) et rejets sur souche (b) (Source photo : M. Villar)



Annexe 2. Indices de la présence du Castor d'Europe dans la zone d'étude : (a) toboggans, (b) terrier hutte