



POLYTECH[®]
TOURS

ment



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

Etude du transport et de la dispersion des graines par les ongulés sauvages



2015-2016

Directeur de recherche
ISSELIN Francis

GUILBERT Marie-Alice

Etude du transport et de la dispersion des graines par les ongulés sauvages

2015-2016

**Directeur de recherche
ISSELIN Francis**

**Auteur
GUILBERT Marie-Alice**

AVERTISSEMENT

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

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

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, 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 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 Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 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

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidée et soutenue dans la réalisation de ce projet de recherche.

En premier lieu, je remercie M. Francis ISSELIN, mon tuteur de projet, qui a su se rendre disponible pour m'accompagner dans mon travail et me conseiller.

Je tiens à remercier M. Christophe BALTZINGER, chercheur à l'IRSTEA de Nogent-sur-Vernisson, pour ses précieux conseils lors de l'élaboration de ce rapport.

Je remercie également Mme Océane LIEHRMANN, co-auteure dans ce projet et stagiaire M2 à l'IRSTEA de Nogent-sur-Vernisson, pour sa bonne humeur et pour m'avoir aidée dans ma réflexion.

Je remercie toute l'équipe de la Réserve Naturelle de la Haute-Touche pour leur accueil lors des semaines d'expérimentations.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis qui m'ont encouragée tout au long de ce projet de recherche.

SOMMAIRE

Introduction	8
Matériels et méthodes	10
Résultats	12
Discussion	14
Bibliographie	17
Annexe I : Schémas des zones de dépose des graines sur les trois espèces étudiées	19
Annexe II : Représentations cartographiques des densités de localisation dans les enclos pour les ânes et les chèvres.....	20

Résumé

La dispersion des graines par les pelages des animaux (épizoochorie) est un processus important dans le maintien des espèces végétales. Les ongulés ont la capacité de retenir longtemps des graines sur leur pelage et de les disperser sur de longues distances dans le milieu naturel, mais cet aspect est difficile à mettre en évidence.

Afin de connaître les temps de rétention sur des animaux élevés en captivité (chèvre naine, biche élaphe et âne Baudet du Poitou), nous avons posé sur leurs pelages différentes diaspores et nous avons observé leurs comportements dans des enclos. Nous avons pu suivre les distances parcourus par les animaux grâce à des colliers GPS.

Il s'est avéré que les diaspores ont tenu plus longtemps sur les poils longs des ânes (demi-temps de rétention > 6h) que les poils courts des chèvres et des biches (demi-temps de rétention < 2h). Les diaspores présentant un système d'accroche très développé sont restées le plus longtemps sur les animaux.

Cette approche confirme que les caractéristiques du pelage influencent la rétention des graines, ainsi que les comportements de toilettage. De plus, les trois espèces étudiées peuvent être considérées comme des vecteurs de dispersion longue distance.

Cette présente étude s'inscrit dans le projet COSTAUD (contribution des ongulés au fonctionnement de l'écosystème et aux services rendus à Chambord), portant principalement sur le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), ongulé sauvage très commun en France.

Mots-clés : épizoochorie, temps de rétention, graines, pelage, chèvre naine, cerf élaphe, âne Baudet du Poitou.

Abstract

Seed dispersal by animals' fur (epizoochory) is an important process to maintain plant species. Ungulates can keep seed during a long time on fur and scatter over long distances into the wild, but this point is difficult to bring to light.

In the aim to know the retention time on captive bred animals (pygmy goat, red deer and donkey), we put on their fur different diaspores and we observed their behaviours in paddocks. We followed the distances covered by animals thanks to GPS collars.

Diaspores stayed longer on donkey's long fur (half-life seed retention > 6h) than on court fur of goat and deer (half-life seed retention < 2h). Diaspores with a developed adhesion system stayed the longest on animals.

This approach confirms that fur characteristics influence seed retention, as well as grooming. Moreover, the three species studied here can be considered as long-distance dispersal vectors.

This study fits into the COSTAUD project (Ungulates contribution to ecosystem functioning and services to Chambord), focusing mainly on the red deer (*Cervus elaphus*), very commun wild ungulate in France.

Key words: epizoochory, retention time, seeds, fur, pygmy goat, red deer, donkey Baudet du Poitou.

Introduction

Les ongulés sauvages sont des herbivores qui consomment la végétation (abrouissement) au sein des écosystèmes forestiers et prairiaux. Cette pression d'herbivorie peut avoir un effet positif sur les végétaux, particulièrement pour

les espèces envahissantes (Vavra et al., 2007). L'étude de Boulanger et al. (2010) montre la propagation spectaculaire de l'espèce *Cynoglossum germanicum* dans la forêt d'Arc en Barrois (Haute-Marne) grâce à la présence des ongulés. Cette plante présente deux caractéristiques qui peuvent expliquer cette vitesse de propagation : la présence des

mucrons sur ses graines qui favorise l'épizoochorie et la toxicité de ses tissus qui la protège de la consommation par les grands herbivores notamment. De telles évolutions influencent les interactions entre plantes : les espèces évitées par les herbivores ont un avantage compétitif sur les espèces consommées. Gill et Beardall (2001) ont également étudié l'effet des ongulés sur la structure et la composition du sous-bois forestier. Ils démontrent que les cervidés, par l'herbivorie, auraient tendance à réduire la diversité des espèces végétales arbustives. Cet effet sur la strate arbustive augmenterait la pénétration de la lumière au sol, favorisant ainsi la végétation herbacée.

Ainsi, pour persister dans le milieu naturel, les végétaux dispersent leurs graines par différents vecteurs abiotiques comme le vent (anémochorie), l'eau (hydrochorie) ou la gravité (barochorie), et/ou biotiques comme les animaux (zoochorie), l'Homme (anthropochorie) ou par eux-mêmes (autochorie). Ces modes de dispersion ont évolué par sélection naturelle, leur permettant ainsi de se maintenir au sein des écosystèmes.

Cependant, avec l'urbanisation et l'évolution de l'agriculture, on assiste à la fragmentation voire la perte d'habitats écologiques (Couvreur et al., 2004), réduisant alors les possibilités d'échanges entre les végétaux (Römermann et al., 2005). Les ongulés sauvages peuvent néanmoins être un élément essentiel pour maintenir un lien entre les communautés végétales puisqu'ils participent à la dispersion longue distance des graines (Couvreur et al., 2005b ; Will et al., 2007) par transport sur leur fourrure, leurs sabots (épizoochorie) ou encore par leur système digestif (endozoochorie). En effet, Pakeman (2001) montre que le passage des graines par les intestins a une grande importance sur la prolifération d'espèces d'arbres, notamment lors des migrations des animaux. De plus, les recherches de Picard et al. (2012) exposent le fait que les ongulés transportent plusieurs types de graines (avec ou sans adaptations spécifiques à l'épizoochorie) en passant à travers différents milieux (forêts, espaces ouverts,...), participant ainsi au

maintien de la diversité végétale. Les grands mammifères apparaissent donc comme des éléments primordiaux pour conserver, sur le long terme, les populations végétales (Couvreur et al., 2005a). Plusieurs auteurs (Sorensen, 1986 ; Tackenberg, 2005 ; Will et al., 2007) ont par ailleurs défini la dispersion par épizoochorie comme un processus de transport de graines des plus efficaces (Graae, 2002) et plus spécifique que l'endozoochorie (Couvreur et al. 2005b) puisqu'il ne subit pas le transit digestif (Mouissie et al., 2005). Les graines sont relâchées au sol, volontairement suite à un comportement de l'animal (toilette, marche,...) ou bien accidentellement.

La dispersion zoochore des graines est étudiée depuis plusieurs décennies. Bullock (1977), entre autres, avait déjà réalisé une expérience à l'aide de vêtements en coton afin de connaître les possibilités d'adhésion des graines sur une surface. Il a pu ainsi définir que la taille (morphologie) de la graine mais aussi la hauteur de la plante influence l'accrochage et/ou la rétention de la graine.

Au fil des ans, les expériences des scientifiques se sont affinées et ont permis de comprendre que l'efficacité du processus épizoochore dépend de plusieurs caractéristiques des graines et des plantes dont elles sont issues (Will et al., 2007). L'étude de Couvreur et al. (2004) identifie la présence de calices épineux et de crochets sur les graines récoltées sur le pelage de bovins et d'équins. Hovstad et al. (2009) établissent également une corrélation positive entre la hauteur de la plante et le positionnement de la graine sur l'animal, qui influencerait le temps de rétention. En revanche, il existerait une faible corrélation entre la capacité d'accrochage de la graine et son temps de rétention sur l'animal, ces deux processus agissant apparemment de façon indépendante l'un de l'autre (Will et al., 2007).

Par ces caractéristiques, les graines peuvent rester plus ou moins longtemps sur l'animal. D'autre part, le temps de rétention diffère en fonction du type et de la longueur du pelage (Couvreur et al., 2005a ; Mouissie et al., 2005 ; Will et al., 2007). Le comportement a également un rôle primordial sur ce temps de

rétenion (Kiviniemi, 1996 ; Couvreur et al., 2005a ; Will et al., 2007) qui est susceptible de diminuer suite aux phénomènes de toilettage (seul ou mutuel), aux frottements (roulage,...) ou au pâturage.

Peu d'études présentent des temps de rétenion de graines sur différentes zones du corps des animaux. De même, la prise en compte du comportement de l'animal dans la dispersion des graines par épizoochorie est difficile à intégrer dans un modèle prédictif (Couvreur et al., 2008) et par conséquent peu étudié.

C'est pourquoi dans cette présente étude, nous avons cherché à déterminer les temps de rétenion de diaspores dans le pelage de divers ongulés. De plus, plusieurs auteurs considèrent que la dispersion longue-distance est difficile à mettre en évidence (Sorensen, 1986 ; Cain et al., 2000) et aussi peu étudiée (Kiviniemi, 1996 ; Graae, 2002). Nous avons donc cherché à déterminer les distances parcourues par des ongulés porteurs de graines.

Pour répondre à ces questions, nous avons réalisé des suivis individuels de décrochage de diaspores de différentes plantes (*Xanthium strumarium*, *Agrimonia eupatoria* L. et *Bidens frondosa*) à différents endroits du pelage de trois espèces d'herbivores en captivité (chèvre naine, cerf élaphe et âne Baudet du Poitou), aux pelages variant du épais et ondulé au fin et lisse. Nous avons formulé les deux hypothèses suivantes :

(H1) Le temps de rétenion des diaspores est-il lié à la qualité du pelage ? Nous supposons que le temps de rétenion des diaspores diffère en fonction des caractéristiques du pelage. Ce temps serait susceptible de varier entre les animaux mais aussi entre les différentes parties du corps où les diaspores ont été placées.

(H2) A quelle distance les animaux peuvent-ils disperser les diaspores ? Nous supposons que plus l'animal parcourt une grande distance, plus il peut déposer des diaspores loin du lieu d'accrochage.

Matériels et méthodes

Site d'étude et espèces sélectionnées

Afin d'étudier la tenue des diaspores sur différents types de pelage (Cf. Table 1), nous avons choisi trois espèces d'animaux : la chèvre naine *Capra aegagrus hircus*, le cerf élaphe *Cervus elaphus* et l'âne Baudet du Poitou *Equus asinus*.

Les expérimentations ont eu lieu au sein de la Réserve Naturelle de la Haute-Touche, à Obterre, dans l'Indre (36). Des groupes de six animaux ont été constitués pour chaque espèce (six ânesses, six biches, cinq chèvres et un bouc) et placés dans des enclos d'observations (1,26 hectare pour les ânes, 0,68 hectare pour les chèvres et 1,81 hectare pour les biches).

Diaspores

Nous avons sélectionné trois types de diaspores de plantes transportées par épizoochorie. Elles possèdent des caractéristiques (forme, appendices) leur permettant de s'accrocher au pelage. Les fruits de lampourde d'orient *Xanthium strumarium* ont été récoltés en bord de Loire (Briare, 45). Ils sont assez gros (L = 2,8cm, l = 2cm) et recouverts de crochets facilitant l'accroche sur les poils des animaux. Leur taille permet de pouvoir les observer de loin et pour faciliter le suivi, les fruits ont été colorés de moitié à la bombe fluo (jaune, orange ou vert) permettant une meilleure distinction entre les différentes positions sur le pelage pendant les observations. Des fruits d'aigremoine *Agrimonia eupatoria* L. (S^{te} Geneviève des bois, 45) et des graines de bidens *Bidens frondosa* (Briare, 45) ont été choisis et récoltés pour leurs appendices facilitant la rétenion dans le pelage (Hovstad et al., 2009). Ces trois diaspores ont déjà servi de modèle d'études pour des travaux sur la durée et la capacité de rétenion dans le pelage de vaches, chevaux, cervidés et souris (Kiviniemi et al., 1996 ; Kiviniemi et Telenius 1998 ; Couvreur et al., 2004 ; Couvreur et al., 2005, Kulbaba et al., 2009), ainsi que sur les vêtements d'hommes (Bullock et al., 1977 ; Kulbaba et al., 2009).

N'ayant pas assez de fruit d'*Agrimonia eupatoria* L., nous n'avons pas pu en poser sur les ânes (Cf. Table 2). Dans le cas où nous ne mettions pas cette diaspore, nous posons le double de graines de *Bidens frondosa* (soit douze par zone au lieu de six).

Afin d'éviter toute germination sur le site d'étude, toutes les diaspores ont été stérilisées au préalable (une minute et dix secondes au micro-onde puissance maximale, 800W)

Protocole d'expérimentation

Les expérimentations sur les animaux ont eu lieu du 22 février au 11 mars 2016 et ont duré cinq jours pour chaque espèce, soit quinze jours au total, à raison de six heures d'observations continues par jour, de 9h du matin à 15h de l'après-midi. Pour chaque jour, le nombre d'animaux observés dépendait du nombre d'observateurs présents (deux ou trois) avec en plus un à deux animaux témoins (tous les animaux ont été témoins au moins une fois). Placer un animal en tant que témoin a permis d'observer les comportements en l'absence de diaspores et de tester si la présence de corps étrangers engendrait une recrudescence de comportements de toilette.

Avant chaque période d'observations, les animaux étaient capturés dans un pré-enclos (chèvres et ânes) ou dans un sas de maintien

(biches) où les diaspores et les colliers équipés de GPS (*GPS manuel de randonnée Garmin Etrex*) étaient placés. Le GPS enregistrait la position de l'animal toutes les minutes. L'animal témoin n'était équipé ni de diaspores, ni de GPS, uniquement d'un collier pour le repérer. Dix-huit fruits de *Xanthium strumarium*, *Bidens frondosa* et *Agrimonia eupatoria* L. étaient placés sur trois zones différentes du corps des animaux : la tête, le flanc, la croupe ; trois pour chaque zone et de chaque côté (Cf. Annexe I). Les couleurs des fruits de *Xanthium strumarium* étaient différentes en fonction du positionnement sur le corps (par exemple pour les fruits verts, ils étaient verts sur la tête, vert et jaune sur les flancs et vert et orange sur la croupe).

Suivi des graines sur les animaux

Au lâcher des animaux dans leur enclos, un relevé des diaspores présentes sur les animaux était effectué aux temps 5min, 10min et 15min puis toutes les 15 minutes, à l'aide de jumelles et de longues-vues. Pour chaque relevé, la position de l'animal suivi dans l'enclos était indiquée sur un plan, afin de compléter le tracé GPS. Si les observateurs assistaient à la chute d'une diaspore, l'heure précise était notée ainsi que le comportement déclencheur. Parallèlement à ces relevés de présence de

Table 1 – Qualité du poil des différents herbivores

(*L moy* = longueur moyenne, en mm ; *E moy* = épaisseur moyenne, en mm)

	Tête			Flanc			Croupe		
	Type	<i>L moy</i>	<i>E moy</i>	Type	<i>L moy</i>	<i>E moy</i>	Type	<i>L moy</i>	<i>E moy</i>
Chèvres	Fin lisse	2,2	1,4	Raide lisse	4,6	2,3	Raide lisse	6,2	3,1
Biches	Fin lisse	1,5	0,9	Epais creux microondulé	5,4	2,4	Epais creux microondulé	6,5	6,5
Ânes	Fin bouclé	7,3	3,6	Fin ondulé, bourre	16,1	2,8	Fin bouclé	12,4	2,8

Table 2 – Nombre total de diaspores posées sur les parties du corps des animaux

(*Nb d'individus* = nombre d'individus ; *X* = *Xanthium strumarium* ; *B* = *Bidens frondosa* ; *A* = *Agrimonia eupatoria* L. ; **T** = tête ; **F** = flanc ; **C** = croupe)

<i>Nb d'individus</i>	Chèvres			Biches			Ânes			
	T	F	C	T	F	C	T	F	C	
<i>X</i>	78	78	78	90	90	90	84	84	84	756
<i>B</i>	108	108	108	120	120	120	168	168	168	1188
<i>A</i>	48	48	48	60	60	60	0	0	0	324

diaspores, un relevé comportemental (toilettage) était également réalisé en continu.

Les fruits de *Xanthium strumarium* étaient suivis principalement car facilement identifiables à distance. Les fruits de *Bidens frondosa* et *Agrimonia eupatoria* L., moins visibles, étaient suivis si possible pendant la durée d'observations, et relevés en fin de journée.

Après les six heures d'observations, les diaspores restantes sur le pelage des animaux étaient récupérées ainsi que celles tombées dans l'enclos. Ces dernières ont été géoréférencées (enregistrement des coordonnées de position) à l'aide d'un GPS.

Les expérimentations, réalisées en fin de période hivernale, ont permis d'obtenir des résultats sur des pelages secs et humides pour chaque espèce, du fait d'une météorologie variable (journées avec et sans pluie).

Variables et tests statistiques

Pour répondre à la première hypothèse (H1) –différences entre les différents pelages et positionnements– nous avons utilisé le **demi-temps de rétention**, soit le temps au bout duquel il ne reste plus que la moitié des diaspores sur l'animal ou sur la zone concernée ainsi que les **pourcentages de diaspores tombées** en fonction du temps. Nous avons utilisé les tests statistiques de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney et du Khi². Les deux premiers tests sont des tests statistiques non-paramétriques, retenus car la distribution des valeurs ne suit pas une loi normale.

Nous avons choisi d'utiliser les demi-temps de rétention moyens pour réaliser une comparaison entre les trois espèces car à la fin des observations, il restait parfois plus de la moitié des diaspores sur les animaux. Les demi-temps de rétention ne sont pas exploitables pour étudier l'effet du positionnement sur l'animal.

Pour répondre à la deuxième hypothèse (H2) –distances de dispersion des diaspores–, nous avons utilisé les coordonnées GPS avec le logiciel ArcGIS pour identifier les distances parcourues ainsi que les densités de localisation dans les enclos.

Résultats

Relation entre les distributions des demi-temps de rétention

Le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis nous informe qu'il existe une différence significative entre les trois espèces (P-value < 0,0001, Cf. Table 3). Au regard de la figure 1, le temps de rétention sur les ânes est nettement supérieur à ceux des chèvres et des biches. En effet, les diaspores sont restées plus de six heures (voire jusqu'à vingt-quatre heures, après expérimentation réalisée pour trois individus). Nous avons donc utilisé le test non-paramétrique bilatéral de Mann-Whitney uniquement entre chèvres et biches. Ce test nous informe qu'il n'existe pas de différence significative du demi-temps de rétention des diaspores entre les deux espèces (P-value = 0,661, Cf. Table 3). En se référant à la figure 1, on peut alors considérer que le demi-temps de rétention des diaspores est identique pour les chèvres et les biches mais inférieur au demi-temps de rétention des ânes.

Table 3 – Résultats des tests statistiques non paramétriques

		Chèvres	Biches	Ânes
Kruskal-Wallis	P-value	< 0,0001		
	Ecart-type	0,611	1,305	0
Mann-Whitney	P-value	0,661		
	Ecart-type	0,611	1,305	-

Relation entre le nombre diaspores tombées et le positionnement

Dans chacun des cas (Cf. Figure 2), le test du Khi² d'indépendance nous informe qu'il n'existe pas de différence entre les trois distributions. La chute des diaspores se répartit de manière homogène pour les trois zones. La majorité des diaspores de *Xanthium strumarium*

chute durant les deux premières heures d'observations. Il existe peu de chute entre deux heures et six heures d'observations. Ce sont les chèvres qui perdent le plus de diaspores (Cf. Figure 3) et le plus rapidement (Cf. Figure 2).

Toutes positions confondues (Cf. ❶ figure 2), les chèvres perdent le plus de diaspores (69%) en moins de deux heures, suivies par les biches (66%). Pour la tête (Cf. ❷ figure 2), le taux est plus important que le précédent pour les diaspores tombées en moins de deux heures avec 88% pour les chèvres et 87% pour les biches. Pour les flancs (Cf. ❸ figure 2), les chèvres perdent 67% de leurs diaspores en moins de deux heures contre 64% pour les biches. C'est au niveau de la croupe (Cf. ❹ figure 2 ; figure 3) que les chèvres et les biches perdent le moins de diaspores avec respectivement 51% et 44%.

Ce sont les ânes qui conservent les diaspores le plus longtemps dans leur pelage. La figure 3 montre que 88% des diaspores (toutes positions confondues) ne tombent pas. Dans ce cas, vingt-neuf diaspores de *Xanthium strumarium* sont considérées comme s'étant décrochées, parmi lesquelles vingt-trois ont été transférées vers d'autres individus, sans chute au sol. C'est sur la tête que cette espèce est susceptible de

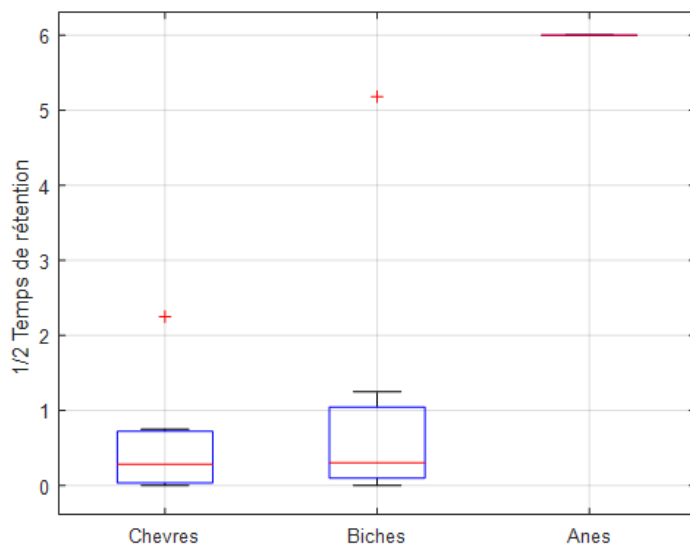


Figure 1 – Demi-temps de rétention en heure des diaspores (*Xanthium strumarium*) pour chaque espèce étudiée

Médiane chèvres = 0,24 ; médiane biches = 0,28 ; médiane ânes > 6

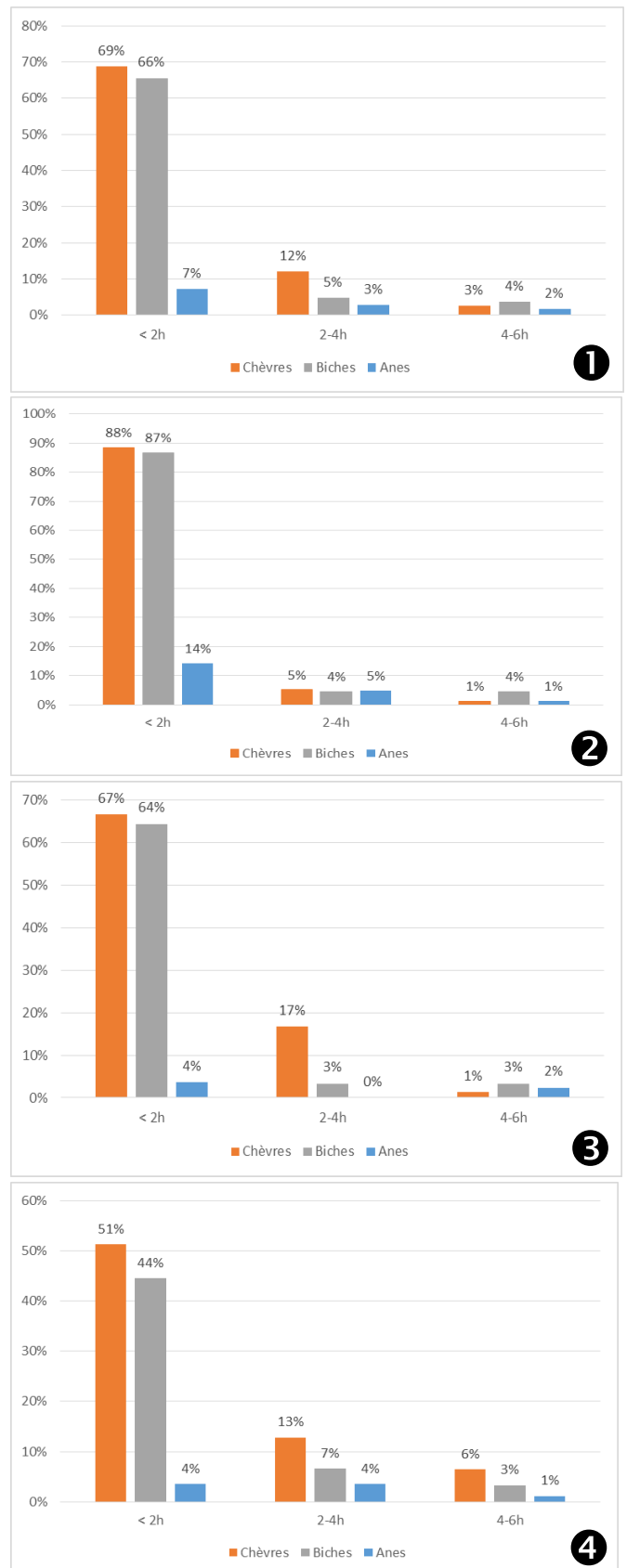


Figure 2 – Pourcentage de diaspores (*Xanthium strumarium*) tombées en fonction du temps sur les différentes parties du corps
 ❶ = Toutes positions confondues ; ❷ = Tête ;
 ❸ = Flanc ; ❹ = Croupe

perdre le plus de diaspores par transfert ou chute (20% contre 6% pour les flancs et 8% pour la croupe, toutes classes d'heures confondues).

peu de diaspores sur leur pelage avec 3% pour les graines de *Bidens frondosa* et 4% pour les fruits d'*Agrimonia eupatoria L.* Les pourcentages sont quasiment identiques pour les biches avec respectivement 4% et 2%.

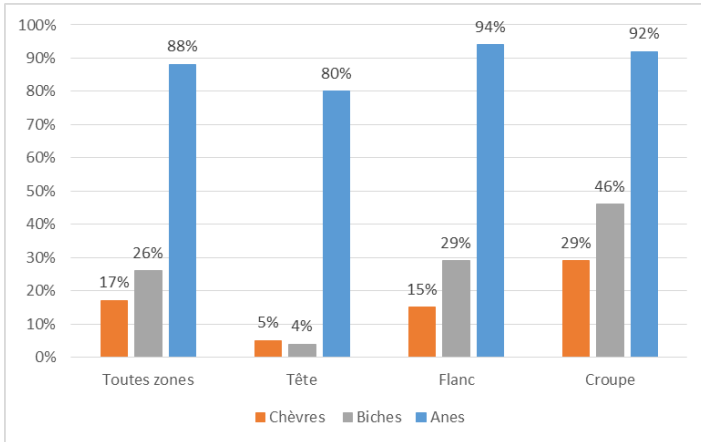


Figure 3 – Pourcentage de diaspores (*Xanthium strumarium*) non-tombées en fonction du temps

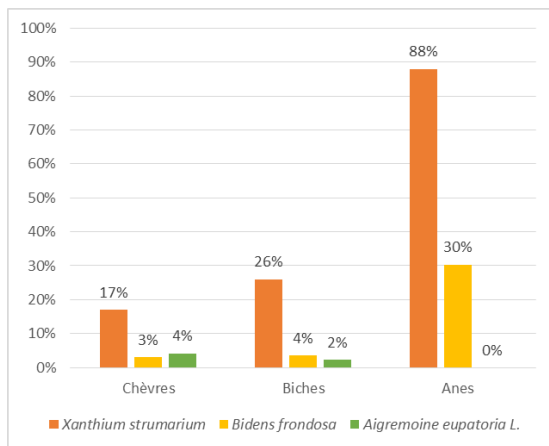


Figure 4 – Pourcentage de diaspores non-tombées sur l'ensemble des expérimentations, toutes positions confondues

Sur les trois espèces étudiées et pour l'ensemble des diaspores de *Xanthium strumarium*, on comptabilise 4% de diaspores transférées entre individus.

Sur l'ensemble des diaspores posées, ce sont les fruits de *Xanthium strumarium* qui tombent le moins (56% diaspores décrochées), suivies par les graines de *Bidens frondosa* (85%) et les fruits d'*Agrimonia eupatoria L.* (97%). Les ânes conservent le plus de graines de *Bidens frondosa* (Cf. Figure 4). Les chèvres gardent

Relation entre les distances parcourues et les diaspores tombées

Nous avons pu calculer les distances totales moyennes parcourues par les animaux dans leurs enclos. Les chèvres ont parcouru 2700m, les biches 2270m et les ânes 2140m.

Aux demi-temps de rétention, les chèvres ont parcouru en moyenne 230m et les biches 425m, en sachant que pour les ânes, les demi-temps de rétention sont supérieurs à six heures. Ainsi, on peut voir que la moitié des graines est perdue à 8% de la distance totale moyenne parcourue par les chèvres et 22% pour les biches.

Dans les enclos, les animaux sont restés groupés la plupart du temps (Cf. Annexe II). Nous avons ainsi pu observer que les diaspores sont retrouvées majoritairement là où les densités de localisation, tout individu confondu, sont importantes (Cf. Annexe II).

Discussion

Cette étude démontre que les chèvres (*Capra aegagrus hircus*), les biches (*Cervus elaphus*) et les ânes Baudet du Poitou (*Equus asinus*) peuvent être considérés comme des vecteurs de dispersion longue distance. Ce sont les ânes qui possèdent les temps de rétention les plus élevés, suivis des biches et des chèvres, qui ont des temps de rétention similaires.

Effets de la qualité du pelage

Les caractéristiques du pelage ont une influence forte sur le temps de rétention des diaspores. En effet, seuls les ânes ont un pelage fin et bouclé sur l'ensemble du corps et ce sont eux qui ont les taux de rétention les plus élevés, en gardant des diaspores (*Xanthium strumarium* et *Bidens frondosa*) plus de six heures, voire plus de vingt-quatre heures. Nous avons pu remarquer que les longueurs moyennes des

poils des ânes sont nettement supérieures aux longueurs moyennes des poils des chèvres et des biches alors que les épaisseurs moyennes pour les ânes se situent dans les mêmes ordres de grandeur que les chèvres et les biches. Nous pouvons alors dire que l'épaisseur du pelage ne joue pas un rôle dans le temps de rétention des diaspores et qu'un pelage fin et bouclé participe à une rétention longue des diaspores. L'étude de Mouissie et al. (2005) confirme cette affirmation avec la laine de mouton, possédant les mêmes caractéristiques que le pelage des ânes et retenant particulièrement longtemps les graines. De même, les vaches Galloway possèdent des poils aux caractéristiques similaires –poils longs (10cm) et ondulés– (Couvreur et al., 2005a) que ceux des ânes Baudet du Poitou et participent à une dispersion longue distance des graines. En effet, le demi-temps de rétention des graines est plus long sur les vaches Galloway que sur les poils courts (3cm) et raides du cheval Haflinger (Couvreur et al., 2005a). Nous pouvons alors dire que les poils fins, lisses et plutôt courts ne permettent pas d'obtenir un temps de rétention des diaspores élevé sur les espèces que nous avons étudiées.

Le temps de rétention varie également en fonction de la position des diaspores sur le corps de l'animal. Ceci est lié aux comportements (Cf. ci-après « Effets du comportement et des conditions météorologiques ») mais également aux caractéristiques du pelage. Nous avons pu observer que les temps de rétention des chèvres et des biches sont moins élevés sur la tête que sur le flanc et la croupe. Ces deux espèces n'ont pas le même type de pelage sur le flanc et la croupe mais la différence entre les demi-temps de rétention n'est pas significative. Nous considérons qu'ils sont similaires.

Ainsi nous pouvons dire que la qualité du pelage influence le temps de rétention des diaspores, ce qui confirme l'hypothèse H1.

Distances de dispersion

Au-delà de 100m parcouru par l'animal, la plupart des auteurs considèrent que cela correspond à une dispersion longue distance

(Cain et al., 2000). Dans notre étude, les espèces étudiées parcourent en moyenne entre 2100m et 2700m. L'étude de Couvreur (2005a) identifie des distances du même ordre de grandeur pour des vaches et des chevaux. Les chèvres et les biches dispersent la moitié de leurs diaspores (*Xanthium strumarium*) sur une distance supérieure à 200m. On peut donc considérer qu'elles participent à une dispersion longue distance. De plus, ces distances ont été mesurées en condition de captivité, ce qui nous laisse supposer qu'en milieu naturel ou semi-naturel, les espèces étudiées peuvent parcourir de plus grandes distances et ainsi augmenter les distances aux demi-temps de rétention. Les animaux peuvent également réaliser des tracés plus linéaires en milieu naturel, participant au maintien ou à la création de liens entre habitats écologiques. Dans le cas des biches, Kiviniemi (1996) affirme que le daim (*Dama dama*) possède le même type de pelage que les autres cervidés et qu'il peut parcourir de 4 à 5km/jour. Ce point confirme le fait que les biches font parties des vecteurs de dispersion par épizoochorie sur de longues distances. De plus, quand les graines sont positionnées de manière inaccessible pour être décrochées par l'animal (Graae, 2002 ; Sorensen, 1986), elles peuvent être transportées sur de longues distances (Cf. ci-après « Effets du comportement »).

Comme nous l'avons vu, le pelage des ânes offre un temps de rétention des diaspores très élevé comparativement aux chèvres et aux biches. Dans notre étude, c'est l'espèce étudiée qui a parcouru le moins de distance. Cependant, ils peuvent être considérés comme de bons vecteurs de dispersion puisque dans un milieu semi-naturel ou un enclos plus grand, ils auraient peut-être parcourus plus de distance. C'est ce que montre l'étude de Couvreur (2005b) dans laquelle les ânes étudiés ont « parcouru » l'ensemble d'un site d'étude de cent hectares. Ils sont alors susceptibles de disperser des graines sur de grandes distances.

Les diaspores géoréférencées en fin d'expérimentations sont majoritairement placées au niveau où les animaux restent le plus longtemps dans la journée. Cet aspect

s'explique par le fait que les espèces étudiées, d'instinct grégaire, restent en groupe. On assiste alors à des transferts de diaspores entre individus et à des chutes suite à des comportements de toilettage et contacts entre individus.

Effets du comportement et des conditions météorologiques

Après le lâcher, les comportements de toilettage sont importants : les animaux, et plus particulièrement les chèvres et les biches, s'ébrouent et secouent la tête. Ces deux espèces ne possèdent pas un pelage permettant une rétention forte des diaspores et c'est au niveau de la tête qu'elles perdent le plus de graines. De plus, ce sont les chèvres qui effectuent le plus de comportements de toilettage et ce sont elles qui perdent le plus de diaspores. Ainsi, nous pouvons dire que le comportement influence une chute de diaspores rapide pour les chèvres et les biches. De même pour les ânes, c'est au niveau de la tête qu'ils perdent le plus de diaspores (par chute ou par transfert) car ils se frottent entre individus (grooming ou jeu). Mais dans certains cas, ces frottements peuvent au contraire aider à la rétention des diaspores car cela facilite leur enfouissement plus profondément dans le pelage. Au niveau des zones de positionnement, il est plus facile pour les animaux de se frotter la tête et les flancs (par grooming ou scratching) que la croupe, qui est morphologiquement plus difficile d'accès (Graae, 2002). C'est pourquoi les diaspores tombent moins de cette partie du corps.

Le temps de rétention est donc influencé par la localisation de la graine sur l'animal (Sorensen, 1986 ; Gorb et Gorb, 2002) mais aussi par les caractéristiques de celle-ci. En effet, elles déterminent à quelle vitesse l'animal va découvrir la graine et vouloir l'enlever (Sorensen, 1986). Les comportements de toilettage sont connus pour accélérer la chute de graines grosses et/ou irritantes (Sorensen, 1986 ; Kiviniemi et Telenius, 1998) puisqu'elles présentent généralement des appendices plus élaborés pour être sûr de s'accrocher (Kiviniemi et Telenius, 1998). Au

contraire, les petites graines limitent ces comportements (Couvreur et al, 2005a).

Toutefois, il est important de rappeler que 56% des fruits de *Xanthium strumarium* sont tombés avec une majeure partie dans un intervalle de temps inférieur à deux heures. Une fois les deux premières heures passées, le temps de rétention des diaspores est susceptible d'être élevé (supérieur à six heures). En revanche, peu de fruits de *Bidens frondosa* et d'*Agrimonia eupatoria* L. sont retrouvés en fin d'expérimentations ce qui nous laisse dire que la dynamique de décrochement est plus rapide pour des graines plus petites. De plus, ces deux diaspores ont un système d'accroche moins développé que les fruits de *Xanthium strumarium*, ces derniers ayant plus de crochets. Enfin, les fruits d'*Agrimonia eupatoria* L. seraient irritants pour le daim et resteraient donc moins longtemps sur l'animal car sujets au grooming (Kiviniemi et Telenius, 1998), ce qui expliquerait que dans notre étude, 97% de ces diaspores chutent.

Nous avons pu remarquer que les conditions météorologiques peuvent influencer les comportements des animaux. En effet, quand le temps est pluvieux, les chèvres s'ébrouent beaucoup mais circulent peu dans leur enclos et interagissent moins entre elles. En revanche, lors d'une journée ensoleillée, elles pâturent plus et se frottent contre les arbres (scratching), augmentant la probabilité de perdre des diaspores. Les biches réalisent moins de comportements de toilettage que les chèvres, quelles que soient les conditions météorologiques. Néanmoins, c'est en s'ébrouant et secouant la tête qu'elles perdent des diaspores. Les ânes quant à eux ne s'ébrouent pas en cas de pluie car l'eau risquerait de s'infiltrer dans le pelage. En cas de beau temps, ils apprécient de se rouler dans la terre, ce qui peut à la fois favoriser la chute de certaines diaspores et augmenter leur adhésion plus profondément dans le pelage.

Limites et perspectives

Cette étude a été réalisée sur des animaux en captivité et on peut se demander si les interactions entre individus et le nombre de transferts auraient été les mêmes en conditions naturelles. De plus, les fruits de *Xanthium strumarium* étaient gros et particulièrement visibles sur les animaux grâce à la peinture fluorescente et ont donc pu affecter les temps de rétention. Si les animaux n'ont pas conscience des diaspores sur leurs pelages, la dispersion est-elle pour autant plus réussie (Sorensen, 1986) ? De plus, les animaux entre eux avaient tendance à venir sentir les diaspores, considérées comme un corps étranger. Même si, dans notre étude, peu de chutes ont eu lieu suite à un reniflement, cette action pourrait être susceptible de diminuer l'adhérence des diaspores au pelage.

Plusieurs études (Sorensen, 1986 ; Kiviniemi et Telenius 1998 ; Graae, 2002) démontrent que des petites graines tombent moins facilement que des grosses, ce qui n'est pas le cas dans notre étude. Nous pouvons expliquer cela par le fait que les fruits de *Xanthium strumarium* ont un système d'accroche plus développé que les fruits de *Bidens frondosa* et d'*Agrimonia eupatoria* L. ce qui facilite l'adhésion aux pelages. Au vu du temps de rétention très long des fruits de *Xanthium strumarium* dans le pelage des ânes, on peut s'interroger sur la germination des graines si elles restent piégées dans le pelage.

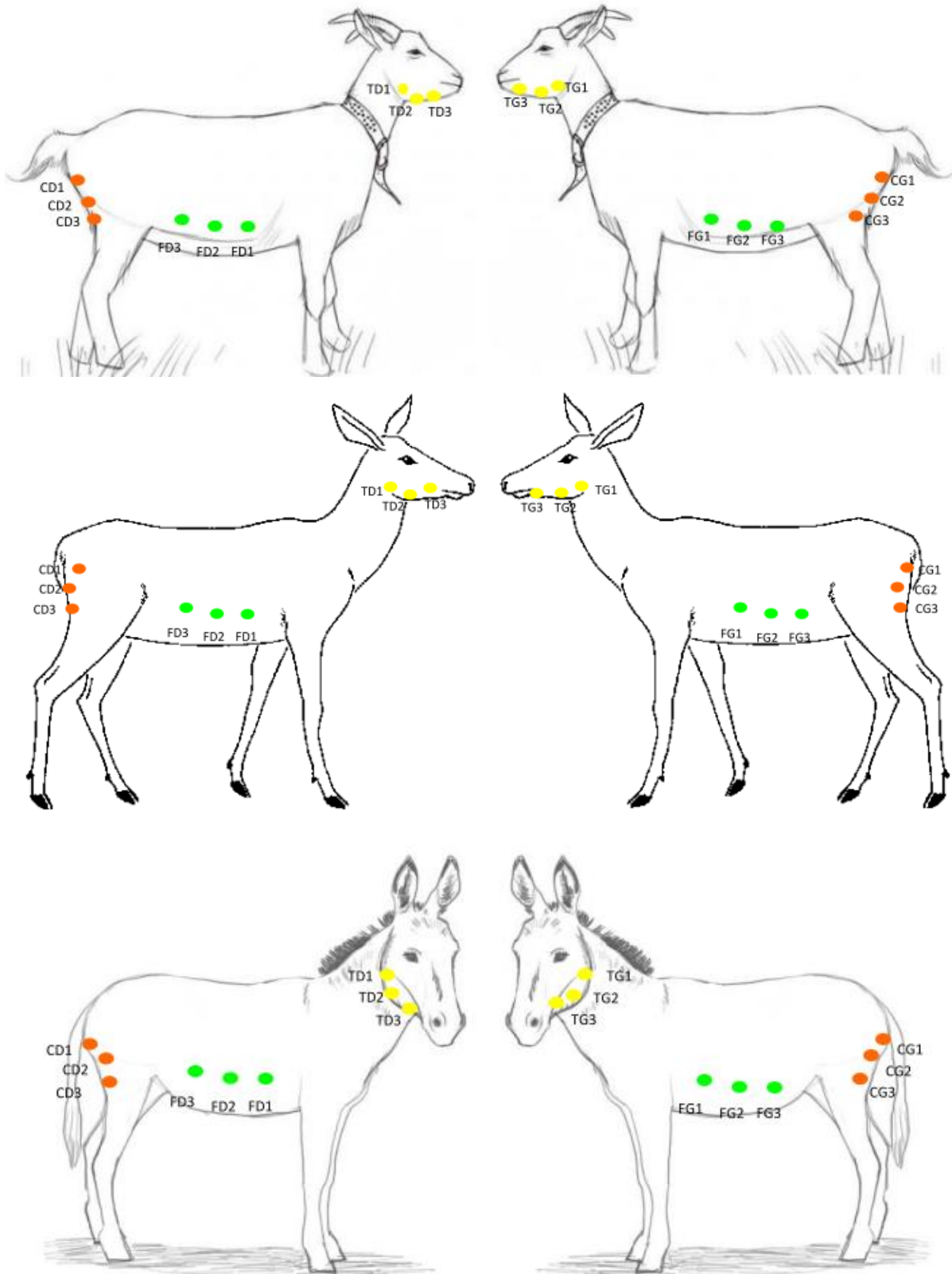
Cette étude se concentre principalement sur les temps de rétention des diaspores par manque de temps pour effectuer des analyses complémentaires. C'est l'objet du stage de M2 d'Océane Liehrmann, encadrée par Christophe Baltzinger, qui réalise des études approfondies sur la relation entre le comportement des animaux et la rétention des diaspores sur le pelage. Elle cherche également à identifier si les fruits de *Xanthium strumarium* peuvent servir de modèle pour la végétation locale. Cette présente étude pourra donc servir de complément à son travail.

Bibliographie

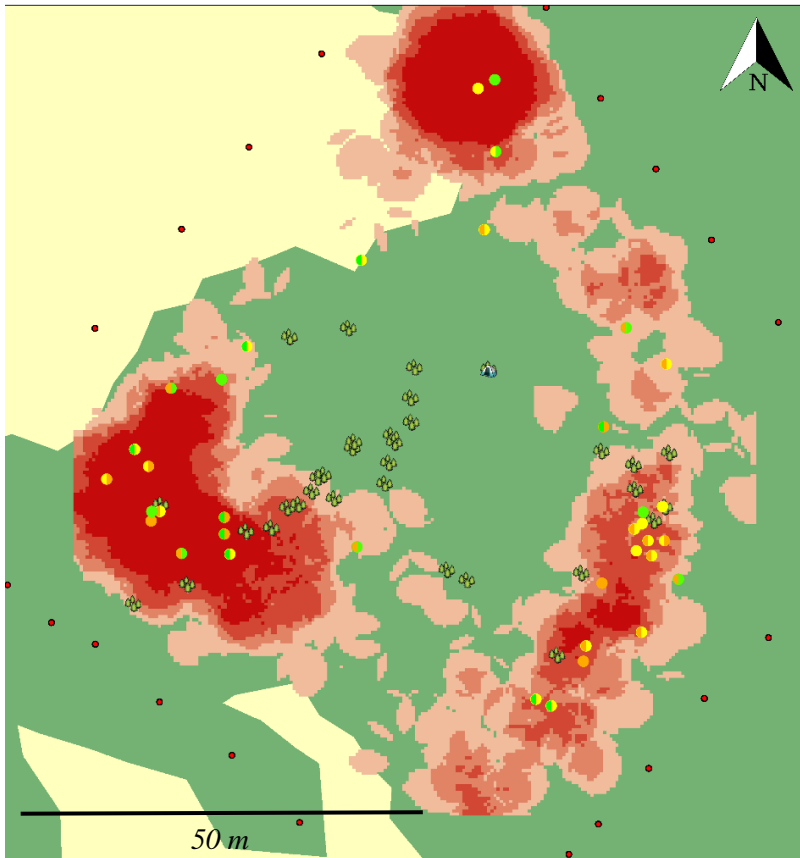
- Boulanger V., Baltzinger C., Saïd S., Ballon P., Picard J.-F., Dupouey J.-L., 2010, Deer mediated expansion of a rare plant species. In *Plant Ecology* 212, 307-314.
- Boulanger V., 2010, Pression d'herbivorie et dynamique des communautés végétales : influence à court et moyen termes des populations de cervidés sur la diversité des communautés végétales en forêt. Université de Nancy – Henri Poincaré.
- Bullock S.H., Primack R.B., 1977, Comparative experimental study of seed dispersals on animals. In *Ecology* 58, 681-686.
- Cain M.L., Milligan B.G., Strand A.E., 2000, Long-distance seed dispersal in plant populations. In *American journal of botany* 87(9), 1217-1227.
- Couvreur M., Christiaen B., Verheyen K., Hermy M., 2004, Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. In *Applied Vegetation Science* 7, 229-236.
- Couvreur M., Verheyen K., Hermy M., 2005a, Experimental assessment of plant seed retention times in fur of cattle and horse. In *Flora* 200, 136-147.
- Couvreur M., Cosyns E., Hermy M., Hoffmann M., 2005b, Complementarity of epi- and endozoochory of plant seeds by free ranging donkeys. In *Echography* 28, 37-48.
- Couvreur M., Verheyen K., Vellend M., Lamoot I., Cosyns E., Hoffmann M., Hermy M., 2008, Epizoochory by large herbivores: merging data with models. In *Basic and applied ecology* 9, 204-212.
- Gill R.M.A, Beardal V., 2001, The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. In *Forestry* 74(3), 209-218.
- Gorb E., Gorb S., 2002, Contact separation force of the fruit burrs in four plant species adapted to dispersal by mechanical interlocking. In *Plant physiology and biochemistry* 40, 373-381.

- Graae B.J., 2002, The role of epizoochorous seed dispersal of forest plant species in a fragmented landscape. In *Seed science research* 12, 113-120.
- Hovstad K.A, Borvik S., Ohlson M., 2009, Epizoochorous seed dispersal in relation to seed availability – an experiment with a red fox dummy. In *Journal of Vegetation Science* 20, 455–464.
- Kiviniemi K., 1996, A study of adhesive seed dispersal of three species under natural conditions. In *Acta Botanica Neerlandica* 45, 73-83.
- Kiviniemi K., Telenius A., 1998, Experiments on adhesive dispersal by wood mouse: seed shadows and dispersal distances of 13 plant species from cultivated areas in southern Sweden. In *Ecography* 21, 108-116.
- Kulbaba M.W, Tardif J.C., Staniforth R.J, 2009, Morphological and ecological relationships between burrs and furs. In *The American midland naturalist* 161 (2), 380-391.
- Mouissie A.M, Lengkeek W., Van Diggelen R., 2005, Estimating adhesive seed-dispersal distances: field experiments and correlated random walks. In *Functional ecology* 19, 478-486.
- Pakeman R. J., 2001, Plant migration rates and seed dispersal mechanism. In *Journal of Biogeography* 28, 795-800.
- Picard M., Baltzinger C., 2012, Hitch-hiking in the wild: should seeds rely on ungulates? In *Plant Ecology and Evolution* 145, 24–30.
- Römermann C., Tackenberg O., Poschlod P., 2005, How to predict attachment potential of seeds to sheep and cattle coat from simple morphological seed traits. In *Oikos* 110, 219-230.
- Sorensen A.E., 1986, Seed dispersal by adhesion. In *Annual review of ecology and systematics* 17, 443-463.
- Tackenberg O., Römermann C., Thompson K., Poschlod P., 2006, What does diaspore morphology tell us about external animal dispersal? Evidence from standardized experiments measuring seed retention on animal-coats. In *Basic and applied ecology* 7, 45-58.
- Vavra M., Parks C.G, Wisdom M.J., 2007, Biodiversity, exotic plant species, and herbivory: the good, the bad, and the ungulate. In *Forest ecology and management* 246, 66-72.
- Will H., Maussner S., Tackenberg O., 2007, Experimental studies of diaspore attachment to animal coats: predicting epizoochorous dispersal potential. In *Oecologia* 153, 331–339.

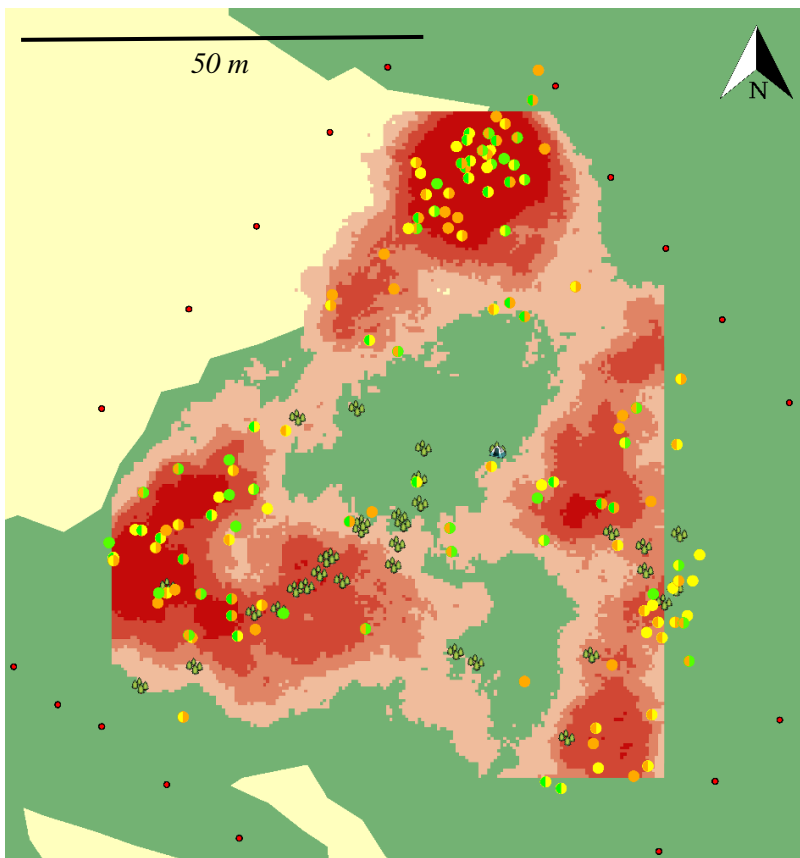
Annexe I : Schémas des zones de dépose des graines sur les trois espèces étudiées



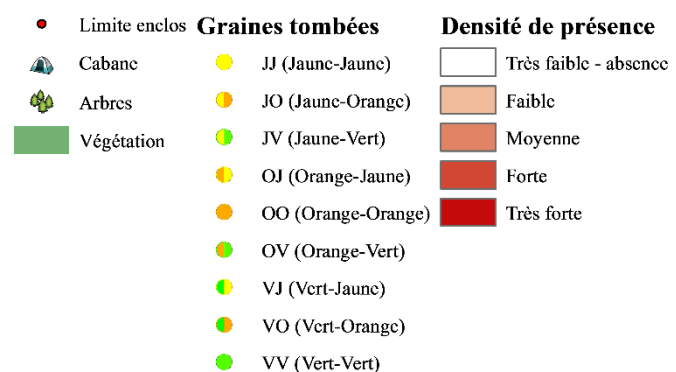
Annexe II : Représentations cartographiques des densités de localisation dans les enclos pour les ânes et les chèvres.

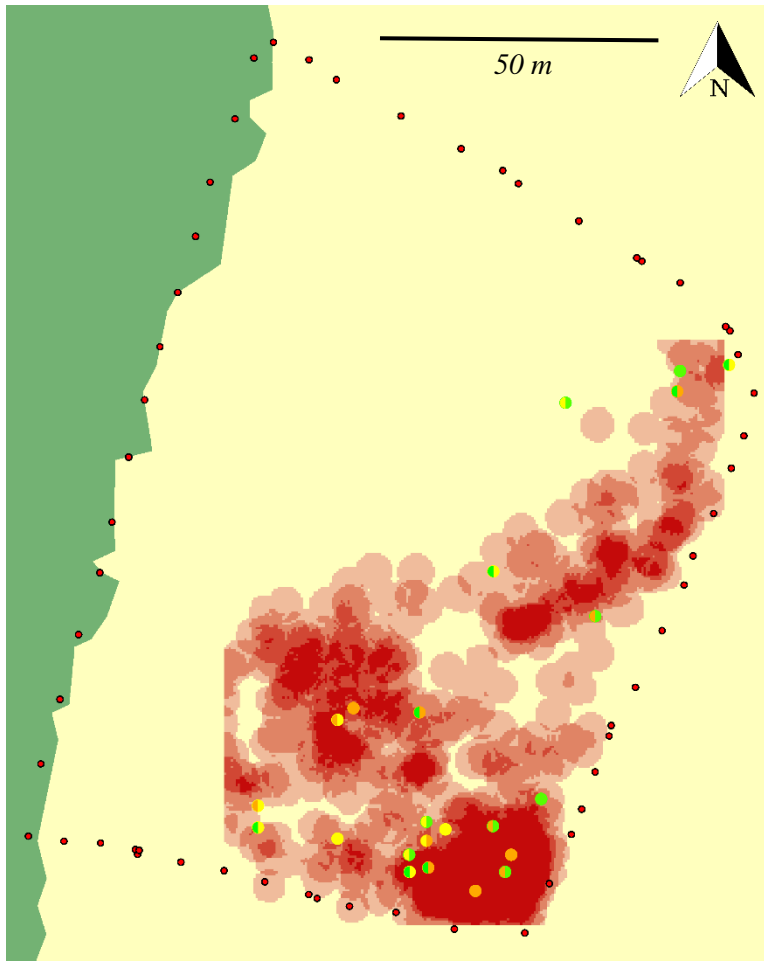


En haut : densité de localisation et graines tombées pour la journée du 25 février 2016 (3 chèvres suivies)

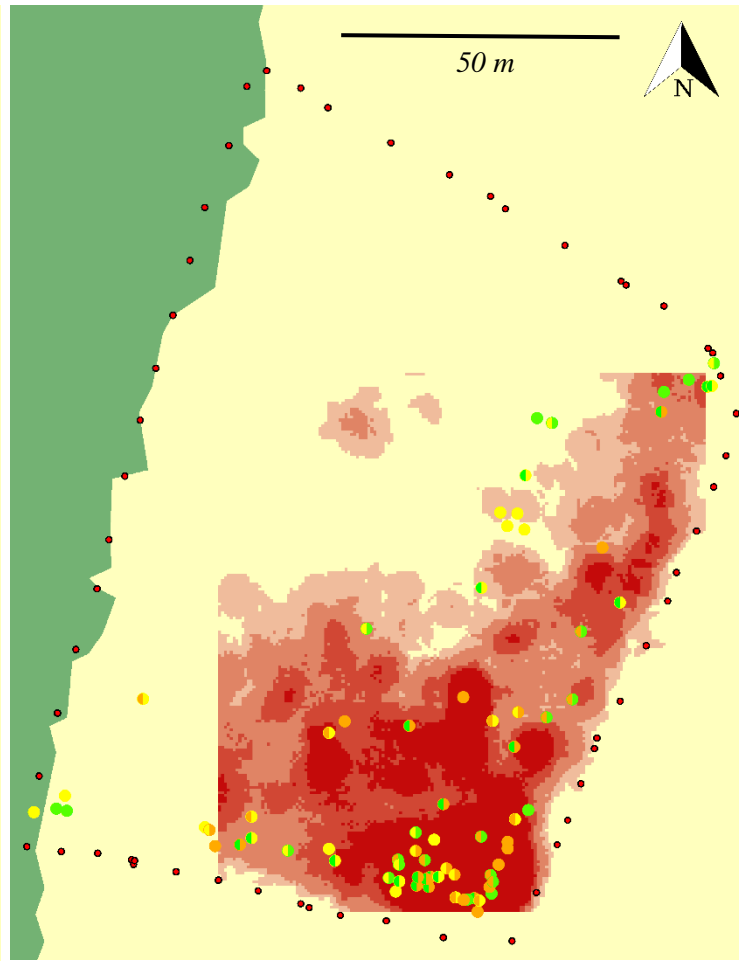


En bas : densité de localisation et graines tombées pour l'ensemble des expérimentations sur les chèvres (25 – 29 février 2016)

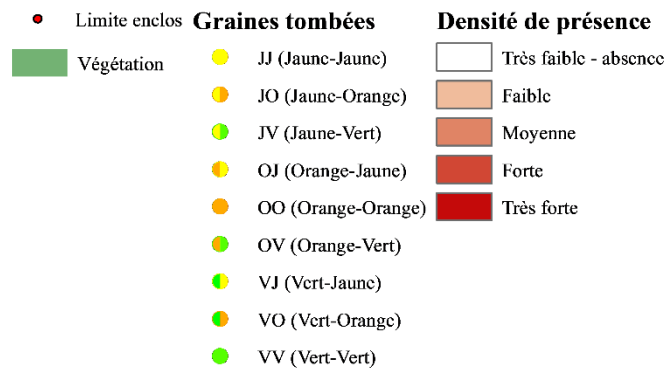




Densité de localisation et graines tombées pour la journée du 4 mars 2016 (3 biches suivies)



Densité de localisation et graines tombées pour l'ensemble des expérimentations sur les biches (29 février – 4 mars 2016)



Directeur de recherche
ISSELIN Francis

GUILBERT Marie-Alice
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2015-2016

Etude du transport et de la dispersion des graines par les ongulés sauvages

Résumé

La dispersion des graines par les pelages des animaux (épizoochorie) est un processus important dans le maintien des espèces végétales. Les ongulés ont la capacité de retenir longtemps des graines sur leur pelage et de les disperser sur de longues distances dans le milieu naturel, mais cet aspect est difficile à mettre en évidence.

Afin de connaître les temps de rétention sur des animaux élevés en captivité (chèvre naine, biche élaphe et âne Baudet du Poitou), nous avons posé sur leurs pelages différentes diaspores et nous avons observé leurs comportements dans des enclos. Nous avons pu suivre les distances parcourues par les animaux grâce à des colliers GPS.

Il s'est avéré que les diaspores ont tenu plus longtemps sur les poils longs des ânes (demi-temps de rétention > 6h) que les poils courts des chèvres et des biches (demi-temps de rétention < 2h). Les diaspores présentant un système d'accroche très développé sont restées le plus longtemps sur les animaux.

Cette approche confirme que les caractéristiques du pelage influence la rétention des graines, ainsi que les comportements de toilettage. De plus, les trois espèces étudiées peuvent être considérées comme des vecteurs de dispersion longue distance.

Cette présente étude s'inscrit dans le projet COSTAUD (Contribution des Ongulés au fonctionnement de l'écosystème et aux services rendus à Chambord), portant principalement sur le cerf élaphe, ongulé sauvage très commun en France.

Mots-clés : épizoochorie, temps de rétention, graines, pelage, chèvre naine, cerf élaphe, âne Baudet du Poitou.