

Sommaire



Introduction	5
Matériels et méthode	7
2.1- Site d'étude	7
2.2 - Protocole expérimental	8
2.2.1- Identification des souilles	8
2.2.2- Diaspores	8
2.2.3 - Identification des frottoirs.....	8
2.2.4- Echantillonnage	8
2.3- Variables et tests statistiques	9
Résultats	9
Discussion	10
4.1- Analyse des résultats	10
4.2- Critique de la méthode	11
Conclusion	13
Bibliographie	14
Annexe	18

Introduction



La dispersion peut être définie comme l'ensemble des « modalités et moyens que les plantes supérieures emploient pour atteindre des sites où une nouvelle génération peut s'établir » (Van der Pijl, 1982). Ce processus joue un rôle essentiel dans la distribution actuelle des espèces, dans un contexte de changements climatiques et d'affectation des sols (Couvreur et al., 2005). En effet, ce contexte peut être à l'origine de phénomènes de dispersion longue distance (inondation, transport de graines exotiques...) et influencer la distribution spatiale de certaines espèces (Cain et al., 2000).

L'évolution a favorisé des mécanismes de dispersion qui présentent un intérêt biologique important en permettant à des populations végétales de persister (Picard & Baltzinger, 2012). En effet, elle assure notamment les capacités de colonisation de zones d'habitat propices et d'échanges de flux génétiques des espèces (Bullock & Primack, 1977 ; McConkey et al. 2012). La dispersion contribue alors à renforcer la résilience écologique des milieux suite à une perturbation et réduit les risques d'extinction liés à la consanguinité (Heinken et al., 2006 ; Bacles et al., 2006). Les rôles de la dispersion ne s'arrêtent pas là, puisqu'elle participe également à la diversité végétale spécifique (Wessels-de Wit & Schwabe 2010) et donc, dans certains cas à limiter la compétition intraspécifique (Picard et al., 2016). Ainsi, la fitness (valeur sélective) de la plante est optimisée, ce qui lui permet de coloniser de nouveaux sites (Willson & Traveset, 2000 ; Couvreur et al., 2004). De plus, selon Daniel G. Wenny (2001), la dispersion confère aux espèces un intérêt adaptatif qui relève de trois

domaines : « l'échappement », permettant de se soustraire à l'environnement parental où les densités de graines sont plus élevées, « la colonisation » de nouveaux espaces et enfin, la « dispersion dirigée » leur permettant d'orienter les graines vers des écosystèmes aux conditions favorables. Cependant, si la dispersion dirigée se révèle être un véritable intérêt adaptatif, cela va de pair avec l'acquisition, par les plantes, de traits biologiques tels que la dormance longue ou la capacité d'adhésion à l'animal (Willson & Traveset, 2000).

Pour ce faire, le mouvement, à l'origine de la dispersion, doit être assuré par différents vecteurs abiotiques ou biotiques tels que le vent (anémochorie), l'eau (hydrochorie) ou encore les animaux (zoochorie). Parmi ces agents de dispersion, les animaux font partie des modes de dispersion les plus efficaces à travers le processus épizoochorie (Graae, 2002). Trois étapes semblent régir ce processus. En effet, sa définition intègre les notions d'« initiation », lorsque le processus débute par l'adhésion des graines sur l'animal, de « transport », qui permet d'aboutir à la dernière phase, celle de l'« établissement » (Tassin J., 2009). Cette dernière étape correspond au lieu de dépôt des graines qui, si celles-ci sont viables, permet la constitution d'une nouvelle génération (Liehrmann et al., 2018).

Myers & Harms (2009), ont démontré que la fourrure était un filtre écologique puissant, plus efficace que l'épizoochorie des sabots. Couvreur et al. (2005) ont quant à eux défini l'épizoochorie comme étant plus spécifique que l'endozoochorie. Ceci est lié aux caractéristiques morphologiques des graines (graines allongées, présence d'appendices ou des crochets allongés) et à la hauteur des plantes dont elles sont issues,

(Albert et al., 2015 ; Will et al., 2007). Ces derniers paramètres sont favorables à l'épizoochorie et accroissent considérablement le temps de rétention (Kiviniemi & Telenius, 1998). Ainsi, la distance et l'efficacité de la dispersion induite par les animaux sont régis par l'effet combiné de la durée de rétention des graines, leurs mouvements et la capacité des graines à germer et à produire une plante adulte (Nathan et al., 2008 ; Schupp, 2010).

Certaines habitudes comportementales des grands mammifères induisent de grands déplacements et donc de larges distances de dispersion potentielles (Will et al., 2007). Cependant, peu d'auteurs ont tenté d'estimer les distances de dispersion et certains considèrent même que celles-ci sont laborieuses à mettre en évidence et sont donc peu étudiées (Kiviniemi, 1996 ; Graae, 2002). Les études réalisées ont permis de mettre en évidence une distance de dispersion pouvant atteindre près de 1500 m pour certains ongulés sauvages (Vittoz & Engler, 2007). Ces mammifères pouvaient alors transporter près de la moitié des espèces d'une communauté (Albert et al., 2015). Mouissie et al. (2005) ont comparé des distances de dispersion de trois vecteurs de dispersion (*Ovis aries*, *Dama dama* et *Apodemus sylvaticus*) et ont ainsi estimé des distances variant entre 2900 m (*Ovis aries*), 435 et 840 m (*Dama dama*) et 12 m (*Apodemus sylvaticus*). La capacité de dispersion de cette dernière espèce fut revue à la hausse par Kiviniemi & Telenius (1998), qui observèrent une distance de près de 30 m, ainsi qu'une capacité maximale de 1200 m pour les daims et 780 m pour les bovins (*Bos taurus*). Ainsi, il a été démontré que les grands mammifères pouvaient disperser les graines à plus grande

échelle que les petits mammifères, néanmoins précieux à l'échelle local. Ces mammifères affectent alors la distribution des plantes dans les milieux. Malgré la fragmentation de ceux-ci, les grands mammifères favorisent les flux entre ces espaces et peuvent être considérés comme des "corridors écologiques dynamiques" (Couvreur et al., 2004).

Le sanglier sauvage (*Sus scrofa*) fait partie de ces grands mammifères propices à l'étude du processus de dispersion épizoochorie. En effet, il s'agit d'un acteur déterminant de ce processus en raison de différents traits de vie, aussi bien biologiques que comportementaux, entraînant des déplacements dans des habitats variés (Nathan et al., 2008) dans un large espace vital (Picard & Baltzinger, 2012). Tout comme les adaptations morphologiques des graines ou la hauteur de la plante, déterminant l'emplacement des graines sur l'animal (Hovstad et al. 2009), le comportement a également un rôle important sur le succès du transport des graines et le temps de rétention (Kiviniemi, 1996). Chez le sanglier, ce comportement consiste à se baigner quotidiennement dans des "souilles" (Bracke, 2011), cuvettes humides plus ou moins remplies d'eau stagnante toute ou partie de l'année (Welander, 2000). En effet, ne possédant pas de glandes sudoripares, glandes spécialisées dans la sécrétion de la sueur, ils doivent trouver un moyen leur permettant de se maintenir à une température optimale. Le sanglier étant un organisme homéotherme, le bain dans la souille lui est vital pour garantir une thermorégulation corporelle en se vautrant régulièrement dans l'eau d'une souille (Mauguet et al., 1984). Ces bains de boue leur permettent également de se défaire de leurs parasites présents sur leur fourrure

(Barrios-Garcia & Ballari, 2012). Une fois le sanglier vautré dans la souille, il doit se débarrasser de la boue présente sur son pelage. Pour ce faire, il se frotte aux troncs d'arbres avoisinant les souilles et les chemins forestier appelés « frottoirs » (Bracke, 2011). D'après Picard & Baltzinger, (2012), ce comportement serait le principal responsable de la dispersion épizoochore réalisée par le sanglier. En effet, en comparaison avec d'autres ongulés sauvages, son efficacité est incontestable en termes de quantité de graines et d'espèces dispersées (Heinken et al., 2002 ; Picard & Baltzinger, 2012). Mais l'efficacité du sanglier dans le processus de dispersion est également due à des traits morphologiques : mélangées à la boue, les graines peuvent plus aisément adhérer à la fourrure des sangliers, constituée de poils raides, qui permettent une bonne adhésion des graines (Picard & Baltzinger, 2012).

Ainsi, le sanglier peut transporter ces graines sur plus de 2km au sein d'un large domaine vital de plus de 166 hectares (Heinken et al., 2006). En outre, lorsque le sanglier creuse sa souille et s'y roule, il contribue à disperser et mélanger un ensemble de graines ; parfois enfouie sur plusieurs centimètres et ayant conservés leurs propriétés germinatives, ces graines sont progressivement incorporées à la banque de graines du sol lorsque celles-ci se détachent. Ainsi, la dispersion, associée à l'activité de labour du sanglier, permet de modifier la distribution des horizons du sol. Le processus de recolonisation de milieux perturbés est alors favorisé en permettant la germination de ces graines, jusque-là en état de dormance, qui se retrouvent dans de nouvelles conditions favorables à leur développement (Albert et al., 2015).

L'objectif de cette présente étude est d'analyser la contribution de

la dispersion épizoochore par le sanglier à la constitution de la banque de graines, qui jusque-là reste peu connue. Nous cherchons à déterminer des distances de dispersions réalisées via les sangliers, à travers leur comportement. Ainsi l'intérêt sera de mettre en place un protocole permettant d'établir un lien entre distances de dispersion et quantités de graines retrouvées au pied des arbres frottés. Nous supposons alors que la quantité de graines retrouvées dans chaque échantillon de sol prélevés au pied des arbres frottés devraient diminuer au fur et à mesure que ces échantillons sont éloignés de la souille associée.

Matériels et méthode

2.1- Site d'étude

Cette présente étude a été réalisée dans la forêt du Domaine National de Chambord. Situé dans le département du Loir-et-Cher, c'est le plus grand parc clos d'Europe, avec ses 5440 hectares ceinturés par un mur d'une longueur de 32 km (Pellerin, 2014). En raison de cet isolement, réduisant drastiquement toute émigration, le parc comporte une forte population de grands ongulés : cerfs (*Cervus elaphus L.*), sanglier (*Sus scrofa L.*), chevreuils (*Capreolus capreolus L.*) et mouflons de Corse (*Ovis orientalis spp.musimon Schreber.*). Ainsi, pour que la capacité de charge, c'est-à-dire la taille maximale de la population que le milieu peut supporter, soit optimum, une gestion particulière y est donc pratiquée. La chasse y tient donc une place importante, afin de réguler la densité de population des ongulés qui n'ont plus de prédateurs naturels (Garnier, 2014). En raison de cet isolement, entraînant une forte population, le site a été choisi pour

mener ces recherches sur les processus de dispersion.

La parcelle forestière correspondant à notre zone d'étude se compose principalement de feuillus, dominées par le chêne pédonculé (*Quercus robur L.*) et de résineux dominés par le pin sylvestre (*Pinus sylvestris L.*) (Garnier, 2014).

Sur le site d'étude, la roche mère appartient majoritairement au groupe "formations de Sologne" qui peut être associé à un plancher argileux de faible profondeur. Ces caractéristiques confèrent au sol des propriétés de rétention d'eau, indispensables à la formation des souilles, et donc par ailleurs permet au site d'être propice au processus de dispersion épizoochore.

2.2 - Protocole expérimental

2.2.1- Identification des souilles

Suite à une première prospection sur le terrain, trois souilles ont été sélectionnées parmi celles identifiées. Le principal critère de sélection était la présence d'eau stagnante dans la dépression, assurant ainsi le comportement de roulade du sanglier. Ces souilles se situaient à proximité des chemins forestiers comme le suggérait Welander (2000).

2.2.2- Diaspores

Afin de faciliter le suivi des graines sur le terrain, celles-ci ont été colorés à l'aide de bombes de peintures fluorescentes. Trois couleurs ont été utilisées, le jaune, le rose et l'orange, ce qui permet d'une part, de mieux discerner les graines lors de l'échantillonnage et, d'autre part, de déterminer de quelle souille proviennent les graines dispersées. En effet, à la surface de chaque souille a

été lâché des graines d'une seule et même couleur, permettant alors d'estimer la distance de dispersion entre la souille et l'arbre échantillonner. Pour chaque souille une quantité similaire de graine a été utilisée afin d'assurer la réplicabilité de l'expérience.

2.2.3 - Identification des frottoirs

Ainsi, autour des trois souilles identifiées, c'est près d'une trentaine d'arbres et souches, essentiellement du pin sylvestre, qui a été identifiée et sélectionnée pour être échantillonnée. Ils sont présents autour d'un rayon compris entre 0 et 60 m autour des souilles.

2.2.4- Echantillonnage

Les échantillons de sol contenant la banque de graines ont donc été récoltés à la surface du sol (litière superficielle) et plus profondément dans le sol, trois semaines après avoir disposé les graines dans les souilles, soit fin novembre 2018. La litière du sol a été soigneusement prélevée puis placée dans des sac plastiques individuels. Une fois avoir retiré la litière du sol, pour chaque échantillon, un prélèvement du sol sur une profondeur d'environ 4-5cm a été réalisé à l'aide d'une truelle. Cette profondeur a été identifiée comme étant celle où la majorité des diaspores viables de la banque de graines sont concentrées (Amiaud & Touzard, 2004). Ces échantillons ont été prélevées au plus près du tronc, au niveau des traces de frottements, jusqu'à une distance moyenne de 50cm au-delà du tronc. Dans le cas des souches échantillonnées, le prélèvement de la litière et du sol s'effectue tout autour d'elle sur un rayon de 50 cm. Suite à cela nous avons placé les différents échantillons à

l'étude pendant 48h à 40°C afin de les sécher et donc d'éviter leur détérioration à cause de l'humidité. La phase suivante a été celle du dénombrement des graines par échantillon.

2.3- Variables et tests statistiques

Dans cette présente étude, deux types de variables quantitatives discrètes ont été mesurées et analysées : le nombre de graines retrouvées dans les échantillons (variable à expliquer) et la distance de ces échantillons par rapport à la souille associée (variable explicative).

Afin d'étudier la relation entre ces variables, nous avons eu recours à un modèle de régression non linéaire suivant une décroissance exponentielle de la forme suivante :

$$Y = a * e^{b * X} + c$$

Y correspond au nombre de graines retrouvé dans un échantillon.

X correspondant à la distance entre la souille et l'échantillon.

L'équation fut d'abord transformée en une équation linéaire grâce au logarithme afin de déterminer les paramètres a, b et c. Ces paramètres furent appliqués au modèle non-linéaire en utilisant le package *nls* du logiciel R afin d'obtenir la courbe de régression et l'équation associée, représentant au mieux la relation distance-quantité de graine.

Résultats



Au total, ce sont 499 graines qui ont été retrouvées dans les 26 échantillons de sol collectés au pied de 26 arbres frottés. Les distances de dispersion observée, c'est à dire les distances entre les souilles et les

échantillons, sont variables, allant de 1 m à 171 m. Cependant, nous avons pu constater que dans 5 de ces échantillons, pris à une distance variable allant de 9 m à 59 m, aucune graine ne fut retrouvée. Ce constat est alors plus difficile à interpréter, mais, sans véritable surprise, le nombre de graine le plus important fut retrouvé au niveau des arbres frottés pris au plus proche de la souille. En effet, 72 graines ont été retrouvées dans l'arbre frotté situé à 1 m de la souille "orange" tandis que pour l'arbre situé à 2 m de la souille "rose", se sont 143 graines qui ont été observées. Au contraire, concernant les arbres frottés les plus éloignés de leur souille respective (orange, jaune), ils comptabilisent le moins de graines : 1 graine seulement retrouvée à 53 m de la souille "orange" et aucune retrouvée à 59 m de la souille "jaune". Au total, seul 6% des graines observées furent retrouvées à plus de 30 m des souilles cibles et seulement 1% à plus de 40 m.

Globalement, nous avons pu constater que le nombre de graines retrouvé au pied des arbres aux alentours de la souille "rose" est sensiblement supérieur à celui retrouvé au pied de ceux des souilles "orange" et "jaune" (respectivement 252, 141 et 114 graines). A noter que 2 graines orange furent observées au pied d'arbres pris autour de la souille "rose", impliquant des distances de dispersion plus importantes. En effet, la présence de ces graines induit des distances de dispersion via le sanglier comprises entre 150 et 170 mètres, plus que tout ce que nous avions observé jusqu'alors.

Afin de représenter les résultats, un modèle de régression non-linéaire a été réalisé. Ainsi, la fonction exponentielle décroissante semble décrire au mieux la relation entre le nombre de graines retrouvé dans les échantillons et la distance parcourue

par les sangliers depuis la souille de référence (Figure 1).

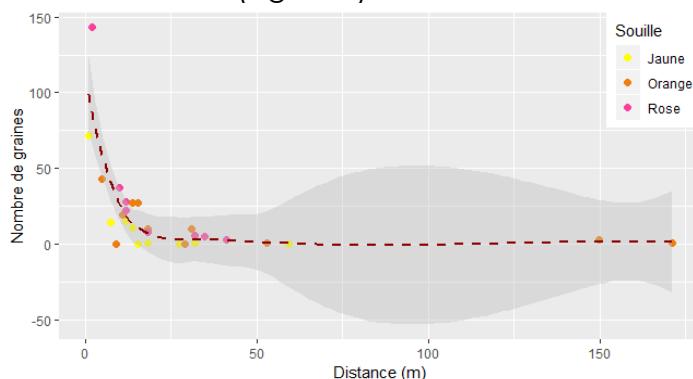


Figure 1 : Modèle de régression non-linéaire exponentiel décroissant s'ajustant au nombre de graines retrouvé dans les échantillons en fonction de la distance en mètre. L'équation de la courbe de régression est la suivante : **Nombre de graines = 123.74033*exp(-0.18363 * Distance)+3.06035.** La zone grisée correspond à l'intervalle de confiance des données.

D'après les résultats (Figure 2), on observe des p-values très significatives pour les paramètres a et b de l'équation. En revanche, la p-value du paramètre c , est assez élevé. Ce paramètre correspond à l'asymptote suivie par la courbe en y . Ceci peut donc être expliquer par la forte disparité de nos résultats le long de l'axe y .

```
Formula: Nombre_graines ~ a * exp(b * Distance) + c

Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
a 123.74033 17.64715 7.012 2.38e-07 ***
b -0.18363 0.04358 -4.214 0.000286 ***
c 3.06035 4.66108 0.657 0.517454
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 16.02 on 25 degrees of freedom

Number of iterations to convergence: 3
Achieved convergence tolerance: 1.775e-07
```

Figure 2 : Résultats de l'exécution de la fonction nls (NonLinear Least Squares) sur R.

On observe sur la figure 3 ci-dessous l'apport important de graines dans les échantillons pris à une faible distance autour de la souille rose. Au contraire, le nombre de graines des échantillons de la souille orange varie relativement peu en fonction des distances et ce sont les seules graines retrouvées à plus de 50 m. Enfin, on

constate de façon générale, une quantité moindre de graines jaune à l'issue de l'expérimentation.

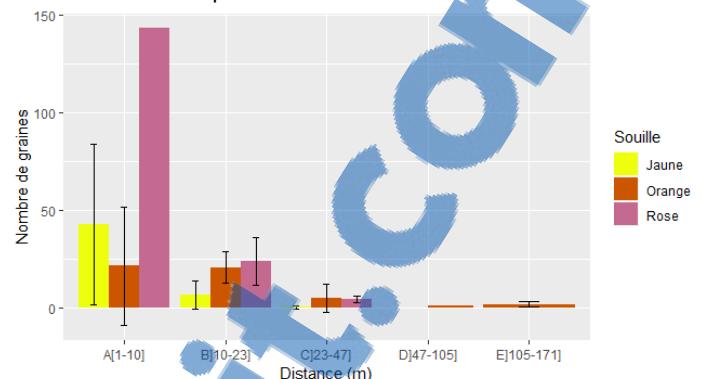


Figure 3 : Nombre de graines moyen retrouvés dans les échantillons en fonction de classes de distance. Les trois souilles sont représentées séparément.

Discussion



4.1- Analyse des résultats

Comme nous l'avons vu, nos résultats suivent un modèle de régression non-linéaire représenté par une fonction exponentielle décroissante. Ainsi, est mis en évidence une forte relation indiquant que le nombre de graines retrouvé dans les échantillons diminue rapidement à mesure que la distance augmente. En effet, d'après nos résultats, à partir de 15 m, seul 5 graines en moyenne sont retrouvées, tandis que dans les 15 premiers mètres ce sont 36 graines en moyenne qui sont retrouvées. Cela peut s'expliquer, selon Bracke (2011), par le fait que les sangliers se frottent aux arbres les plus proches des souilles, comportement permettant difficilement d'observer de longues distances de dispersion. Cependant, n'ayant pas relevés d'arbres frottés à plusieurs centaines de mètre autour des souilles sélectionnées, nous ne pouvons pas conclure à une distance de dispersion effective. En effet, il est possible que des graines restent accrochée au pelage du sanglier

après des frottages au plus près de la souille, comme peut le supposer les graines orange retrouvées au pied des arbres frottés de la souille rose.

De ce fait, nos résultats ne sont pas corrélés avec ceux d'autres études portant sur des ongulés ou autres grands mammifères. En effet, les distances observées dans cette étude atteignent difficilement la centaine de mètres. Or, Vittoz & Engler (2007) ; Mouissie et al. (2005) et Kiviniemi & Telenius (1998) ont tous observés des distances de dispersion de plusieurs centaines de mètres, voir kilomètres. Nous sommes également loin des 2 km que supposaient Heinken et al. (2006) à propos du sanglier. Ces résultats différents peuvent s'expliquer par une différence de méthode : utilisation d'animaux en captivité (*Apodemus sylvaticus*, *Dama dama*, *Bos taurus*), modèle de simulation.

4.2- Critique de la méthode

Une différence significative observée entre la souille "rose" et les autres, concernant le total de graines retrouvé, est principalement due au nombre observé dans l'échantillon TS8. En effet, ce nombre, soit 143 graines, dépasse à lui seul celui retrouvé dans la globalité des échantillons des souilles "jaune" ou "orange". Cela peut s'expliquer de différentes manières. La première est le fait que les trois couleurs ne ressortent pas de la même manière dans les échantillons au bout de trois semaines d'expérimentation (perte de couleur, germination...). Ceci a donc engendré des contraintes lors du tri des échantillons et a donc pu causer des erreurs. La seconde explication probable concerne la notion de préférence des sangliers envers un arbre ou une souille. En effet, si cela n'a pas été mesuré dans cette étude, des paramètres peuvent influencer le comportement des sangliers et

expliquer pourquoi ils choisissent un arbre/souille et pas un/une autre. Ce "comportement de frottement" interagit sur le temps de rétention et donc sur la distance de dispersion : un sanglier qui se frottera plus facilement à un arbre proche de la souille, entraînera alors la chute d'un plus grand nombre de graines qu'un second frottement à un arbre situé plus loin. De plus, la chasse peut expliquer la variation de la quantité de graines entre les souilles. En effet, la période durant laquelle a été réalisé l'étude correspond à la période de chasse dans le parc de Chambord. C'est une période qui peut stresser et perturber les animaux (Jégoux, 2016). Ainsi, leurs habitudes comportementales peuvent être impactées, ce qui se répercute sur nos résultats. Néanmoins, il a été démontré que ces animaux revenaient relativement rapidement suite à une perturbation (Jégoux, 2016). Afin d'améliorer cette approche expérimentale, nous pourrions imaginer la mise en place de caméras au niveau des arbres et des souilles afin d'observer l'activité des sangliers et de déterminer l'éventuel impact des différents facteurs perturbateurs.

Ces résultats sont à corréler et compléter avec les données existantes, bien que peu nombreuses (Liehrmann et al., 2018). Il n'est donc pas aisés de tester la relation entre distances de dispersion et quantités de graines avec des animaux sauvages, de surcroît dans leur milieu de vie. Suivre le parcours des graines sur les sangliers qui se sont vautrés dans une souille jusqu'à l'endroit de leur détachement est, en effet, très laborieux. Cela nécessite un grand de nombre de graines et de longues périodes d'observation couplés à un ensemble de facteurs influençant le détachement accéléré des graines tels que le type de végétation, de graines ou de pelage,

qui rend l'exercice particulièrement difficile en milieu naturel (Bullock & Primack 1977). De plus, le type de graines sélectionnées pour cette étude n'a sans doute pas été un choix très judicieux, en raison de caractéristiques morphologiques non adaptées par rapport à l'épizoochorie. En effet, comme l'ont démontré Couvreur et al. (2005) ou Albert et al. (2015), des graines allongées portant des appendices ou des crochets allongés permettent une meilleure dispersion, caractéristiques que ne possèdent pas les graines utilisées lors de cette étude. Une simulation, comme celle réalisée par Mouissie et al. (2005), est peut-être alors un moyen plus "simple" d'estimer des distances de dispersion. En effet, dans cette étude, l'attachement et le détachement des graines ont été étudiés à l'aide d'expériences mettant en jeu un vrai mouton, un mannequin de mouton et un mannequin de bovin. Les données issues de ces expériences ont été utilisées dans des modèles de marche aléatoire pour simuler la dispersion de graines adhésives via les données de temps de rétention. Cependant l'approche de notre étude présente l'avantage d'être plus réaliste, étant basé sur des animaux sauvages dans leur milieu naturel et non en captivité, et confirme la contribution des sangliers à la dispersion longue distance. Si, comme les graines dispersées par le vent, les distances de dispersion sont très proches de la source (52% des graines), généralement à 1 ou 2 m (Strykstra et al. 1998 ; Bullock & Clarke 2000), des distances de plus de 150 m ont été observés.

Conclusion



La dispersion des graines est fondamentale pour le maintien et la structure des populations végétales. Les animaux sont un vecteur de cette dispersion, notamment via leur capacité à transporter les graines sur leur pelage. Ce mode, l'épizoochorie, à l'avantage de permettre la dispersion sur de longues distances. Cependant, peu d'études ont tenté de quantifier ce processus.

Le sanglier se prête à l'étude de la dispersion épizoochore. En effet, ses poils raides permettent une accroche efficace des graines. De plus, son comportement de baignade dans des souilles et de frottement à des arbres offre de bonnes conditions à la mise en place d'un protocole expérimental.

Cette étude a eu pour but de chercher à quantifier ces distances de dispersion et mettre en évidence la contribution du sanglier au processus épizoochore. Il a été retrouvé, aux pieds des arbres frottés des graines de couleurs (jaune, orange, rose), qui ont été lâchés précédemment dans les souilles dans lesquelles se baignent les sangliers. Cela laisse à penser que celles-ci ont été transportées grâce aux sangliers, utilisés comme vecteurs, via leur fourrure ou leur sabot. En effet, les résultats suggèrent une forte relation entre distance de dispersion et quantité de graines retrouvées : plus nous nous éloignons d'une souille, plus le nombre de graines retrouvé diminue, et ce d'autant plus vite que la distance augmente. Cependant, certains échantillons relevés sur des arbres frottés, bien que proches de la souille (moins de 10 m), n'ont pas présentés un grand nombre de graines, voir même aucune. Cela peut être éventuellement dû au fait que l'arbre,

bien qu'identifié comme étant frotté, n'a peut-être pas été mis à contribution dans le processus de dispersion durant les trois semaines correspondant à la période d'étude sur le terrain. Ceci traduit la difficulté d'effectuer une étude en milieu naturel en terme de suivi.

Bibliographie



- 1.** Albert, Aurélie, Alistair G. Auffret, Eric Cosyns, Sara A. O. Cousins, Bram D'hondt, Carsten Eichberg, Amy E. Eycott, et al. « Seed Dispersal by Ungulates as an Ecological Filter: A Trait-Based Meta-Analysis ». *Oikos* 124, no 9 (septembre 2015): 1109-20. <https://doi.org/10.1111/oik.02512>.
- 2.** Albert, Aurélie, Anders Mårell, Mélanie Picard, et Christophe Baltzinger. « Using basic plant traits to predict ungulate seed dispersal potential ». *Ecography* 38 (1 mai 2015): 440-49. <https://doi.org/10.1111/ecog.00709>.
- 3.** Bacles, C. F. E. « Effective Seed Dispersal Across a Fragmented Landscape ». *Science* 311, no 5761 (3 février 2006): 628-628. <https://doi.org/10.1126/science.1121543>.
- 4.** Barrios-Garcia, M. Noelia, et Sebastian A. Ballari. « Impact of Wild Boar (*Sus Scrofa*) in Its Introduced and Native Range: A Review ». *Biological Invasions* 14, no 11 (novembre 2012): 2283-2300. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>.
- 5.** Bracke, M.B.M. « Review of Wallowing in Pigs: Description of the Behaviour and Its Motivational Basis ». *Applied Animal Behaviour Science* 132, no 1-2 (juin 2011): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.01.002>.
- 6.** Bullock, J. M., et R. T. Clarke. « Long Distance Seed Dispersal by Wind: Measuring and Modelling the Tail of the Curve ». *Oecologia* 124, no 4 (15 septembre 2000): 506-21. <https://doi.org/10.1007/PL00008876>.
- 7.** Bullock, Stephen H., et Richard B. Primack. « Comparative Experimental Study of Seed Dispersal on Animals ». *Ecology* 58, no 3 (mai 1977): 681-86. <https://doi.org/10.2307/1939019>.
- 8.** Cain, Michael L., Brook G. Milligan, et Allan E. Strand. « Long-Distance Seed Dispersal in Plant Populations ». *American Journal of Botany* 87, no 9 (septembre 2000): 1217-27. <https://doi.org/10.2307/2656714>.
- 9.** Couvreur, Martine, Kris Verheyen, et Martin Hermy. « Experimental Assessment of Plant Seed Retention Times in Fur of Cattle and Horse ». *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 200, no 2 (mai 2005): 136-47. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.06.003>.
- 10.** Fischer, Sabine, Peter Poschlod, et Burkhard Beinlich. « Experimental Studies on the Dispersal of Plants and Animals on Sheep in Calcareous Grasslands ». *Journal of Applied Ecology* 33 (1 octobre 1996): 1206-22. <https://doi.org/10.2307/2404699>.
- 11.** Garnier B., 2014. Document d'Objectifs Natura 2000 – Domaine national de Chambord. FEADER, DREAL Centre, Domaine national de Chambord, 321 p.
- 12.** Graae, Bente Jessen. « The Role of Epizoochorous Seed Dispersal of Forest Plant Species in a Fragmented Landscape ». *Seed Science Research* 12, no 02 (juin 2002). <https://doi.org/10.1079/SSR2002103>.

- 13.** Heinken, Thilo, Heike Hanspach, Dorit Raudnitschka, et Friederike Schaumann. « Dispersal of Vascular Plants by Four Species of Wild Mammals in a Deciduous Forest in NE Germany ». *Phytocoenologia* 32, no 4 (1 décembre 2002): 627-43. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2002/0032-0627>.
- 14.** Heinken, Thilo, Marcus Schmidt, Goddert von Oheimb, Wolf-Ulrich Kriebitzsch, et Hermann Ellenberg. « Soil Seed Banks near Rubbing Trees Indicate Dispersal of Plant Species into Forests by Wild Boar ». *Basic and Applied Ecology* 7, no 1 (janvier 2006): 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.04.006>.
- 15.** Hovstad, Knut Anders, Silje Borvik, et Mikael Ohlson. « Epizoochorous Seed Dispersal in Relation to Seed Availability - an Experiment with a Red Fox Dummy ». *Journal of Vegetation Science* 20, no 3 (juin 2009): 455-64. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01049.x>.
- 16.** Jégoux F. (2016) Impact de la chasse sur les déplacements et la dispersion des graines par le cerf élaphe (*Cervus elaphus*): Application au Domaine National de Chambord. MSc Thesis, Université de Strasbourg.
- 17.** Kiviniemi, Katariina. « A Study of Adhesive Seed Dispersal of Three Species under Natural Conditions ». *Acta Botanica Neerlandica* 45, no 1 (mars 1996): 73-83. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1996.tb00496.x>.
- 18.** Kiviniemi, Katariina, et Anders Telenius. « Experiments on Adhesive Dispersal by Wood Mouse: Seed Shadows and Dispersal Distances of 13 Plant Species from Cultivated Areas in Southern Sweden ». *Ecography* 21, no 2 (avril 1998): 108-16. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1998.tb00664.x>.
- 19.** Liehrmann, Océane, Flore Jégoux, Marie-Alice Guibert, Francis Isselin-Nondedeu, Sonia Saïd, Yann Locatelli, et Christophe Baltzinger. « Epizoochorous Dispersal by Ungulates Depends on Fur, Grooming and Social Interactions ». *Ecology and Evolution* 8, no 3 (février 2018): 1582-94. <https://doi.org/10.1002/ece3.3768>.
- 20.** Martine Couvreur, Bart Christiaen, Verheyen Verheyen, Martin Hermy, and K. Thompson. « Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal ». *Applied Vegetation Science* Dec 2004 : Vol. 7, Issue 2, pg(s) 229 – 236. [https://doi.org/10.1658/1402-2001\(2004\)007\[0229:LHAMLB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1658/1402-2001(2004)007[0229:LHAMLB]2.0.CO;2)
- 21.** MAUGET R., CAMPAN R., SPITZ F., DARDAILLON M., JANEAU G., PEPIN D. Synthèse des connaissances actuelles sur la biologie du Sanglier, perspectives de recherche. In "Symposium Internat. sur le Sanglier", Toulouse 1984, Les Colloques de l'INRA. 1984, 22, 15-50
- 22.** McConkey, Kim R., Soumya Prasad, Richard T. Corlett, Ahimsa Campos-Arceiz, Jedediah F. Brodie, Haldre Rogers, et Luis Santamaria. « Seed Dispersal in Changing Landscapes ». *Biological Conservation* 146, no 1 (février 2012): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.09.018>.

- 23.** Mouissie, A. M., W. Lengkeek, et R. Van Diggelen. « Estimating Adhesive Seed-Dispersal Distances: Field Experiments and Correlated Random Walks ». *Functional Ecology* 19, no 3 (1 juin 2005): 478-86. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00992.x>.
- 24.** Nathan, Ran, Frank M. Schurr, Orr Spiegel, Ofer Steinitz, Ana Trakhtenbrot, et Asaf Tsoar. « Mechanisms of Long-Distance Seed Dispersal ». *Trends in Ecology & Evolution* 23, no 11 (novembre 2008): 638-47. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.08.003>.
- 25.** Pellerin, M., Bonenfant, C., Garel, M., Chevrier, T., Queney, G., Klein, F., & Michallet, J. (2014). Dynamique de la population de cerfs du domaine national. CNERAs Cervidés-Sanglier et Faune de Montagne de l'ONCFS & LBBE-CNRS de l'université de Lyon 1, Gières, juillet 2014.
- 26.** Picard, Mélanie. « Hitch-Hiking in the Wild: Should Seeds Rely on Ungulates? ». *Plant Ecology and Evolution* 145, no 1 (12 mars 2012): 24-30. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2012.689>.
- 27.** Picard, Mélanie, Richard Chevalier, Rachel Barrier, Yves Boscardin, et Christophe Baltzinger. « Functional Traits of Seeds Dispersed through Endozoochory by Native Forest Ungulates ». Édité par Andreas Prinzing. *Journal of Vegetation Science* 27, no 5 (septembre 2016): 987-98. <https://doi.org/10.1111/jvs.12418>.
- 28.** Pijl, L. van der. « Principles of Dispersal in Higher Plants ». *Principles of dispersal in higher plants* (Ed, 16 juin 1982). <https://eurekamag.com/research/000/956/000956930.php>.
- 29.** Schupp, Eugene W., Pedro Jordano, et José María Gómez. « Seed Dispersal Effectiveness Revisited: A Conceptual Review: Tansley Review ». *New Phytologist* 188, no 2 (octobre 2010): 333-53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x>.
- 30.** Strykstra, R.J., Pegtel, D.M. & Bergsma, A. Dispersal distance and achene quality of the rare anemochorous species *Arnica montana* L. (1998) Implications for conservation. *Acta Botanica Neerlandica* 47, 45-56.
- 31.** Sorensen, Anne E. « Seed Dispersal by Adhesion ». *Annual Review of Ecology and Systematics* 17 (1986): 443-63.
- 32.** Tassin, Jacques. « Les cheminements de semences (dispersion, immigration, introduction) : esquisses pour une "Seed Movement Ecology" Toulouse ». (2009): INPT, 83 p. Habilitation à diriger des recherches : Institut national polytechnique de Toulouse. http://agritrop.cirad.fr/549546/1/document_549546.pdf.
- 33.** Vittoz, Pascal, et Robin Engler. « Seed Dispersal Distances : A Typology Based on Dispersal Modes and Plant Traits ». *Botanica Helvetica* 117, no 2 (décembre 2007): 109-24. <https://doi.org/10.1007/s00035-007-0797-8>.
- 34.** Welander, Jonas. « Spatial and Temporal Dynamics of Wild Boar (*Sus Scrofa*) Rooting in a Mosaic Landscape ». s. d., 9.
- 35.** Wenny, Daniel G. « Advantages of Seed Dispersal: A Re-Evaluation of Directed Dispersal ». (January 2001). *Evolutionary Ecology Research*, 3, 51-74.

36. Will, Heidrun. « Experimental studies of diaspore attachment to animal coats: predicting epizoochorous dispersal potential ». Traduit par Heidrun Will, Stefanie Maussner, et Oliver Tackenberg. *Oecologia* v. 153, no 2 (août 2007): 331-39. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0731-1>.

37. Willson, M.F. and Traveset, A. Seeds: The ecology of regeneration in plant communities, Edition: 3rd, Chapter: The ecology of seed dispersal (2000). CAB International, UK, R Gallagher, pp.62-93. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.718.2560&rep=rep1&type=pdf>

38. Wit, Saskia Wessels-de, et Angelika Schwabe. « The Fate of Sheep-Dispersed Seeds: Plant Species Emergence and Spatial Patterns ». *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205, no 10 (octobre 2010): 656-65. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.04.010>

Annexe



Annexe 1: Résultats du nombre de graines observé et de la distance mesurée pour chaque échantillon

<i>Souille</i>	<i>Nom</i>	<i>Nombre de graines</i>	<i>Distance</i>	<i>Classe de distance</i>
<i>Jaune</i>	TS13	72	1	[1-10]
<i>Rose</i>	TS8	143	2	[1-10]
<i>Orange</i>	TS1	43	5	[1-10]
<i>Jaune</i>	SS11	14	7,3152	[1-10]
<i>Orange</i>	SS5	0	9,144	[1-10]
<i>Rose</i>	TS6	37	10,006	]10-23]
<i>Orange</i>	SS1	19	11	]10-23]
<i>Jaune</i>	SS10	15	11,8872	]10-23]
<i>Rose</i>	TS5	22	11,8872	]10-23]
<i>Rose</i>	SS8	28	11,88722	]10-23]
<i>Jaune</i>	SS12	11	13,716	]10-23]
<i>Orange</i>	SS4	27	13,716	]10-23]
<i>Jaune</i>	TS12	0	15,5448	]10-23]
<i>Orange</i>	SS6	27	15,5448	]10-23]
<i>Jaune</i>	TS14	1	18,288	]10-23]
<i>Orange</i>	TS3	10	18,288	]10-23]
<i>Rose</i>	SS9	8	18,288	]10-23]
<i>Jaune</i>	TS10	0	27,432	]23-47]
<i>Orange</i>	SS2	0	29,2608	]23-47]
<i>Orange</i>	TS2	10	31,0896	]23-47]
<i>Jaune</i>	TS16	1	32,004	]23-47]
<i>Rose</i>	SS7	6	32,004	]23-47]
<i>Rose</i>	TS7	5	34,7472	]23-47]
<i>Rose</i>	TS9	3	41,148	]23-47]
<i>Orange</i>	TS4	1	53,0352	]47-105]
<i>Jaune</i>	TS15	0	59,436	]47-105]
<i>Orange</i>	E1	3	149,962	]105-171]
<i>Orange</i>	E2	1	170,993	]105-171]

Directeur de recherche :
Francis Isselin - Nondedeu

Antoine Joubert
Simon Leduc
PFE/DAE5
2018-2019

Analyse des patrons de dispersion de graines par les sangliers sauvages - Domaine National de Chambord

La dispersion des graines est un concept essentiel pour le maintien des écosystèmes: résilience, colonisation ou encore maintien des flux génétiques sont des éléments fondamentaux pour la survie des populations végétales. Les animaux sont alors des vecteurs de cette dispersion, notamment le sanglier sauvage, présent en abondance dans le domaine du parc de Chambord. Réalisant la dispersion épizoochorie à travers des traits biologiques et comportementaux favorables, le sanglier est devenu un modèle afin d'étudier le processus de dispersion. Connue pour parcourir de grandes distances dans un domaine vital vaste, il contribue alors à transporter un nombre important de graines. À des fins de thermorégulation et sanitaire, pour se débarrasser d'éventuels parasites, le sanglier à recours à une activité comportementale caractéristique, expliquant l'intérêt qu'on lui porte pour étudier la dispersion. En effet, il se vautre dans des petites dépressions d'eau stagnantes, appelées souilles, puis, afin de se débarrasser de la boue présente sur sa fourrure, se frotte à des arbres plus ou moins proches. Ce comportement semble alors contribuer à l'apport de graines dans la banque du sol lorsque celles-ci se détachent, couplé au caractère fouisseur du sanglier. Cette présente étude a permis de mettre en évidence la contribution du sanglier à la dispersion des graines. Ainsi, 3 souilles ont été identifiées et 26 échantillons de sol ont été prélevés auprès de 26 arbres et souches identifiés comme frottoirs, afin de déterminer la distance de dispersion des graines retrouvées dans chaque échantillon. Une forte relation entre quantité de graines et distances de dispersion a été démontrée, suggérant la participation du sanglier à la constitution de la banque de graines du sol.

Mots clés : banque de graines, dispersion, zoochorie,
sanglier sauvage