



HAL
open science

L'abrutissement des fleurs d'anémone sylvie par le chevreuil : quelles conséquences démographiques ?

J. Thiercelin

► **To cite this version:**

J. Thiercelin. L'abrutissement des fleurs d'anémone sylvie par le chevreuil : quelles conséquences démographiques ?. Sciences de l'environnement. 2009. hal-02591997

HAL Id: hal-02591997

<https://hal.inrae.fr/hal-02591997v1>

Submitted on 15 May 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.

Mémoire de Master 2^{ème} année

L'abrutissement des fleurs d'anémone sylvie par le chevreuil : Quelles conséquences démographiques ?

Julie Thiercelin

Résumé

L'anémone sylvie (*Anemone nemorosa* L.) est une plante géophyte pérenne de floraison printanière, qui se trouve communément en Europe dans les forêts tempérées. Elle possède des défenses chimiques et un rhizome lui permettant de lutter contre l'herbivorie. Malgré ces facultés, c'est une espèce qui est sujette à la florivorie qui peut engendrer des effets directs et indirects sur sa performance et sa démographie. L'année 2009 fut l'année d'installation du dispositif pour un projet sur le long terme dans une forêt tempérée caducifoliée. L'objectif de cette expérience était d'étudier l'herbivorie du chevreuil sur les fleurs d'anémone sylvie. Les résultats montraient que le chevreuil (*Capreolus capreolus* L.) consommait en moyenne 28% des fleurs d'anémones et localement cela pouvait atteindre 90%. La florivorie se produit lorsque les réserves présentes dans le rhizome sont à leurs minimums, ce qui sensibilise la plante en termes de survie, de croissance et de reproduction future. L'impact potentiel de ce cervidé sur la démographie de l'anémone sylvie pourrait donc être soit direct en réduisant la production de graines, soit indirect en diminuant la croissance des rhizomes. Par conséquent, l'herbivorie peut jouer un rôle crucial dans la dynamique des populations de l'anémone sylvie, malgré ses différents mécanismes de défenses contre les herbivores.

Mots clés : cervidé, dispositif enclos-exclos, dynamique des populations, géophyte printanière, herbivorie.

Responsable de stage : Monsieur Anders Mårell

Cemagref, « Ecosystème forestier » équipe Cervidés
Domaine des Barres – 45290 Nogent-sur-Vernisson

Master 2 « Ecosystème Terrestre et Action de l'Homme »
Responsable de la formation : Monsieur François Lieutier
Année universitaire 2008-2009

Abstract

Wood anemone (*Anemone nemorosa* L.) is a spring flowering perennial and a common geophyte in European temperate forests. It has chemical defences and a rhizome enabling it to resist against and tolerate herbivory. In spite of these faculties, it is a species which is exposed to florivory, which can generate direct and indirect effects on its performance and demography. The year 2009 was the initial year of the establishment of a long-term experiment in a French deciduous temperate forest, which aims to study the impact of roe deer herbivory on flowering shoots of wood anemone. The results showed that roe deer (*Capreolus capreolus* L.) consumed on average 28% of flowers of wood anemone, while locally as much as 90% were eaten. Florivory occurred when reserves present in the rhizomes were at their minima, which make the plant vulnerable in terms of survival, and future growth and reproduction. The potential impact of roe deer on the demography of wood anemone could thus be either directly by reducing seed production or indirectly by decreasing the growth of rhizomes. Consequently, herbivory may play a crucial role in the population dynamics of wood anemone, in spite of the various defence mechanisms against herbivory.

Keywords: deer, exclosure study, herbivory, spring flowering geophyte, population dynamics.

I – Introduction

Depuis une vingtaine d'années en France, les prélèvements de cerfs (*Cervus elaphus*), de chevreuils (*Capreolus capreolus*) et de sangliers (*Sus scrofa*) augmentent de façon exponentielle (Saint-Andrieux et Pfaff, 2008). Cette évolution des populations de grands herbivores est similaire à celle qui a été observée d'une façon plus générale dans l'hémisphère nord au cours du siècle dernier (Fuller et al., 2001). Les conséquences d'une forte abondance d'ongulés sauvages peuvent entraîner une dégradation de l'écosystème forestier, compromettant la réalisation des objectifs de gestion durable des forêts gérées et non-gérées. Par exemple, les cervidés sont capables à une échelle locale de mettre en péril la régénération forestière (Ballon et al., 2005) ou de modifier les successions végétales par la consommation préférentielle de certaines espèces végétales (Tremblay et al., 2007 ; Rooney, 2009). Ces modifications du milieu peuvent avoir des effets en cascades sur d'autres compartiments de l'écosystème : champignons (Rossow et al., 1997), invertébrés (Allombert et al., 2005b), amphibiens (Greenwald et al., 2008), rongeurs (Moser et Witmer, 2000) ou oiseaux (Allombert et al., 2005a).

En France, le chevreuil est le cervidé le plus commun et le plus répandu. C'est une espèce forestière, spécialisée dans une alimentation qui se base sur les bourgeons, les tiges et les feuilles des arbres ligneux et semi-ligneux (Carruette et al., 2004). En d'autres termes, le

chevreuil est un brouteur, mais son alimentation au printemps et en début d'été contient également une grande proportion d'herbacées (Kossak, 1983). D'après plusieurs études, l'anémone sylvie (*Anemone nemorosa*) fait partie intégrante du régime alimentaire du chevreuil, en particulier, au printemps où il consomme préférentiellement ses fleurs et ses feuilles (Cranzac, et al., 2001; Shirreffs, 1985). Il a été démontré que la chevrette met bas des faons de poids supérieur à la moyenne dans des milieux possédant une densité de fleurs printanières élevée (Pettorelli et al., 2003)..

Les effets de l'herbivorie sur la performance et la démographie des plantes dépendent en grande partie de la quantité et de la synchronisation des dommages (Rooney et Gross, 2003 ; Knight, 2007). Les implications écologiques de la florivorie sont considérables car la mort des pousses reproductrices peut profondément influencer la démographie et la structure de la communauté, avec des répercussions qui peuvent s'étendre sur l'ensemble de l'écosystème (Cooper et Wookey, 2003). Les fleurs généralement comportent une petite partie de la biomasse totale de la plante et elles apparaissent sur une courte durée, mais leur perte peut avoir des conséquences directes sur la fitness de la plante (Krupnick et Weis, 1999). Des études récentes démontrent que l'herbivorie des cerfs peut produire localement une haute pression d'abrutissement sur les pousses florifères (Cooper et Wookey, 2003 ; Tobler et al., 2006). De ce fait, l'herbivorie peut affecter la démographie des plantes et la génétique des populations par des changements de flux de gènes, réduisant ainsi le recrutement de jeune plante (McGraw et Furedi, 2005).

L'anémone sylvie est une plante herbacée de la famille des renonculacées, qui se propage principalement par voie végétative sous la forme d'un rhizome. C'est une espèce forestière possédant une faible vitesse d'expansion. Elle est indicatrice de l'ancienneté des forêts puisqu'elle ne peut s'étendre que de 2 à 5 cm par an (Shirreffs, 1985). Etant donné son abondance au printemps dans certains peuplements de feuillus chênaies et hêtraies, où elle forme des tapis denses en sous bois (Shirreffs, 1985), elle pourrait être considérée comme une espèce indicatrice pour ces écosystèmes. Si nous avons choisi cette espèce, c'est aussi parce qu'elle a la caractéristique d'être commune, car elle est largement répartie sur le territoire européen. De plus, ces traits de vie (organes de réserve souterrains, défenses chimiques, floraison abondante et simultanée) la rendent intéressante comme espèce modèle vis-à-vis de l'herbivorie. Un segment annuel de rhizome d'anémone sylvie produit principalement une seule tige végétative et/ou une tige florifère (composé d'une seule fleur) par an. Les parties aériennes apparaissent précocement au printemps (Shirreffs, 1984), c'est-à-dire au moment de l'année où les besoins nutritionnels du chevreuil (en particulier des chevrettes) sont très

élevés. Ce mode de vie la rend donc potentiellement sensible à l'abroustissement des parties aériennes. Cependant, les rhizomes contiennent des réserves d'énergie et de nutriments qui peuvent servir pour lutter contre une faible herbivorie.

Cette étude va nous permettre d'étudier la démographie de l'anémone sylvie soumise à la pression du chevreuil, à travers trois objectifs. Tout d'abord nous commencerons par la mise en place d'une étude de suivi à long terme sur une population locale d'anémone sylvie soumise à une pression d'herbivorie moyenne exercée par le chevreuil. Ensuite nous étudierons sa démographie et sa phénologie, pour nous permettre de mieux comprendre ces différentes particularités. Enfin, nous quantifierons et observerons l'impact de l'abroustissement du chevreuil sur les pousses florifères.

II- Matériel et méthodes

II- 1 Site d'étude

L'étude de suivi de l'anémone sylvie a été menée dans la forêt domaniale de Montargis (annexe 1). Cette forêt s'étend au nord est de la ville de Montargis sur 4090 ha et est située à 25 km au nord du Centre de Recherche du Cemagref de Nogent-sur-Vernisson (45). C'est un massif d'un seul tenant de forme presque circulaire, avec au centre la clairière de Paucourt. Cette forêt se situe à l'Ouest d'un vaste plateau calcaire dominant la vallée du Loing. Elle possède de faibles variations altitudinales, variant entre 84 m au nord ouest et 135 m au nord est. Les précipitations annuelles sont en moyenne de 650 millimètres, dont 50% des pluies tombent pendant la période de végétation de début avril à fin septembre. Le sous-sol de cette forêt est de nature calcaire. C'est une forêt où les essences dominantes d'arbres sont le chêne sessile (*Quercus petra* L.), le charme (*Carpinus betulus* L.), et le hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Nous nous sommes tournés vers la forêt domaniale de Montargis pour y réaliser notre étude car celle-ci dispose d'une abondante population d'anémone sylvie se trouvant dans une dépression géologique en direction nord ouest /sud est. La population de chevreuils a été surveillée depuis 1991 en utilisant un ensemble d'indicateurs écologiques, comme par exemple l'indice kilométrique (c'est-à-dire l'indice d'abondance de population). Entre 1991 et 2008 une moyenne de 0,55 animaux par kilomètre a été observée. Mais, il faut relativiser, puisqu'il y a eu des fluctuations au cours du temps. Par exemple la moyenne la plus basse était en 1995 avec un IK de 0,06 et la maximum a été atteint en 2007 avec un IK qui s'est élevé à 1,39 depuis, il est redescendu à 1,12 pour l'année 2008.

II- 2 Dispositif de type enclos/exclos

Le dispositif est composé d'une expérience en grappes aléatoires. Sur un peuplement d'anémone sylvie, 3 zones ont été choisies aléatoirement. Ces trois zones ont permis de constituer les trois répétitions du bloc. Les blocs 1 et 3 ont été positionnés dans la parcelle 48, le bloc 2 à quand à lui été localisé dans la parcelle 50. Chacun des blocs est constitué de 16 placettes installées de façon à réaliser un carré de 4×4 placettes, chacune d'elles mesurent 1 m^2 et sont espacées de 9 m entre elles. Ces 16 placettes ont permis de composer 8 enclos et 8 exclos tous distribués de façon aléatoire selon une grille systématique (annexe 3). Les enclos sont les zones où les anémones sylvie sont protégées de l'abrouissement du chevreuil et éventuellement des autres grands mammifères. Les pousses végétatives et florifères ont été comptabilisées à l'aide d'une grille de $10 \times 10 \text{ cm}$ qui était positionnée sur les placettes permanentes de 1 m^2 de surface (chaque placette comprenait 100 sous-placettes). Le suivi s'effectuait une fois par semaine au cours de la période d'apparition et de floraison des pousses. Nous avons sur chaque placette, localisé et surveillé, dans le cas d'un abrouissement éventuel, toutes les pousses florifères dès qu'elles avaient émergé au-dessus de la litière. De ce fait, l'attribution des signes d'abrouissement sur les pousses florifères était rendue possible, même dans le cas où une tige seule était laissée. Il était possible de déterminer si c'était l'œuvre d'un invertébré ou bien d'un grand mammifère puisque dans le premier cas, il ne restait que des morceaux de feuilles grignotées alors que dans l'autre, la tige présentait une coupe franche. Etant donné que les populations de sangliers, de lapins et de lièvres étaient estimées à des densités très faibles dans la partie de la forêt où se situait l'expérimentation, l'abrouissement était par déduction dû aux chevreuils. Les relevés des abrouissements sur les pousses florifères ont permis de quantifier le taux d'abrouissement par placette et par bloc, permettant ainsi de voir si le nombre et la taille des fleurs par placette influait sur le choix du chevreuil. Le relevé des abrouissements toutes les semaines, nous a permis de détecter le moment où le chevreuil a commencé à abrouir les anémones et surtout à partir de quel stade phénologique.

Chaque pousse florifère située dans une placette a été marquée, localisée par sa sous-placette, et décrite selon son état phénologique. Sur chaque placette, 4 sous-placettes étaient désignées pour suivre les pousses végétatives en plus des pousses florifères.

Fin avril, début mai lorsque la totalité des pousses étaient sorties et que la floraison avait atteint son maximum, un comptage complet de toutes les pousses florifères a été réalisé. Sur chaque placette, nous avons compté une cinquantaine de pousses végétatives. Pour chaque pousse, une classe de taille a été attribuée. Les pousses florifères possédaient une classification en 7 classes de tailles allant de 5 mm en 5 mm, alors que les pousses végétatives détenaient une classification en 5 classes de tailles allant de cm en cm. La partie permettant dans notre étude de classer une feuille de pousse végétative et florifère était la partie centrale des feuilles (figure 1). Une classification en classes de taille des feuilles a permis de comparer les distributions entre enclos et exclos. Une différence de classification peut être liée au comportement d'abrouissement du chevreuil, car celui-ci peut procéder à un choix en mangeant des pousses d'une classe de taille plutôt qu'une autre. Mais ce phénomène lié au comportement animal est difficilement perceptible, il faut donc souvent attendre plusieurs années pour détecter une variation.

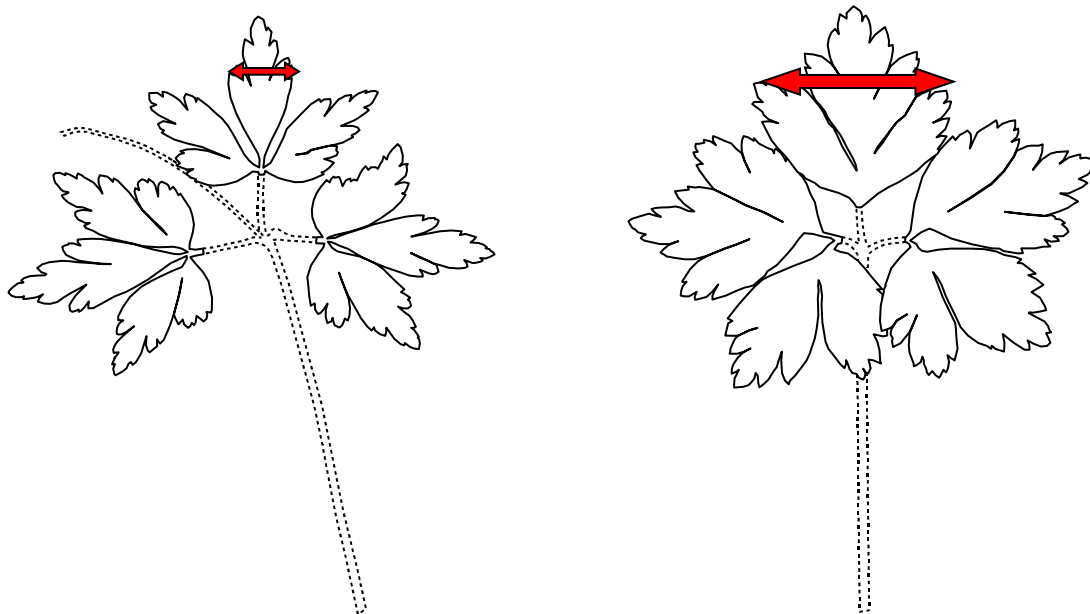


Figure 1 : Feuilles d'une pousse florifère à gauche et feuilles d'une pousse végétative à droite, la flèche signale la partie qui était à mesurer

A la fin de la saison végétative de l'anémone sylvie, lorsque les pousses florifères ont perdu leurs pétales, les akènes ont gonflé et sont facilement repérables sur chaque fleur. Donc un dénombrement a été effectué pour calculer la production totale de graines par fleur et par m². Ceci permettra de constater année après année si l'abrouissement agit sur la production

de graines, permettant ainsi de déceler l'impact du chevreuil sur la reproduction sexuée de l'anémone sylvie.

II- 3 Analyses statistiques

L'analyse des données a été faite avec l'aide du logiciel R Development Core Team (2007) R. La nature des données obligeait l'utilisation des tests non-paramétriques, puisque la distribution des valeurs ne suivait pas une loi normale. L'expérience proposée en grappes aléatoires permettait de tester et de quantifier l'effet de l'herbivorie sur un nombre de paramètres démographiques de l'anémone sylvie (production de fleurs et de graines, la structure de la population en classe de taille, par exemple).

Tout d'abord des analyses sur les paramètres démographiques et la phénologie de l'anémone sylvie ont été réalisées. Ensuite, une comparaison entre modalités a été effectuée, pour repérer si les blocs avaient un peuplement d'anémone sylvie similaire entre eux. Un modèle linéaire mixte a été effectué puisque le bloc était le facteur aléatoire du modèle et la modalité le facteur fixe. Un autre test a été effectué sur la comparaison simultanée de plusieurs moyennes avec le test de Kruskal-Wallis. Celui-ci mettra en évidence si les distributions en classes de taille sont semblables pour les feuilles des pousses végétatives puis pour les feuilles des pousses florifères.

Cette partie mettra en valeur les différences initiales de populations d'anémone sylvie présentes au tout début de l'expérience, permettant ainsi d'avoir plus d'informations sur l'état initial de l'étude.

La dernière partie présentera les données reflétant l'abrutissement. Une corrélation sera faite entre le nombre de fleurs présentes par placette et son taux d'abrutissement, cela déterminera si le chevreuil procédait à un choix basé sur la quantité de fleurs. Le test de corrélation réalisé ici sera le test de corrélation de Spearman. Nous verrons ensuite, si le chevreuil effectuait un choix selon la taille de l'anémone sylvie.

III- Résultats

III- 1 Caractéristiques démographiques et phénologiques

III- 1- 1 Caractéristiques démographiques

Au début du printemps, l'anémone sylvie domine la strate herbacée dans les peuplements forestiers où elle est particulièrement abondante. Une densité moyenne de 23 (\pm 2,4) pousses florifères par m² et de 341 (\pm 44,75) pousses végétatives par m² a été calculée. La densité variait entre 0 et 101 pousses florifères par m² et entre 25 et 1025 pousses végétatives par m². La densité de pousses florifères par m² était beaucoup plus basse que le nombre de pousses végétatives par m², car c'est une plante qui privilégie la reproduction végétative à la reproduction sexuée (tableau 1). Le taux d'abrutissement était variable selon les blocs, puisqu'il pouvait atteindre 44% pour le bloc 1 et seulement 10% pour le bloc 2.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des informations sur le nombre d'anémones et de graines par m², ainsi que sur l'indice foliaire et le taux d'abrutissement pour chacun des blocs. Entre parenthèses l'écart type a été précisé.

	Enclos			Exclos		
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Pousses florifères par m ²	30 (3,94)	22 (2,47)	14 (0,79)	33 (3,25)	14 (1,52)	26 (2,65)
Pousses florifères par m ² (moins les pousses florifères abruties)	-	-	-	18 (1,10)	12 (1,41)	18 (2,26)
Graines par m ²	189 (5,2)	170 (6,22)	89 (6,58)	147 (5,45)	113 (5,49)	184 (6,19)
Pousses végétatives par m ²	256 (26,5)	441 (41)	375 (62,5)	243 (39,5)	325 (71,75)	406 (27,25)
LAI pousses florifères	0,052 (0,049)	0,057 (0,062)	0,026 (0,01)	0,030 (0,015)	0,024 (0,021)	0,034 (0,035)
LAI pousses végétatives	0,18 (0,11)	0,23 (0,093)	0,20 (0,04)	0,12 (0,060)	0,17 (0,074)	0,24 (0,097)
Taux d'abrutissement en % (chevreuil)	-	-	-	44%	10%	31%

En 2009, la densité des pousses florifères ne montrait pas de différences entre enclos et exclos (test $F(0,2036) = 45, P < 0,65$). Par conséquent, les 3 blocs servant de répétitions avaient des populations de pousses florifères d'anémones sylvie comparables (figure 2). Cette information nous a permis de faire des comparaisons de modalité entre blocs, sans avoir à craindre que les caractéristiques particulières du milieu de chaque bloc masquent les vraies dynamiques.

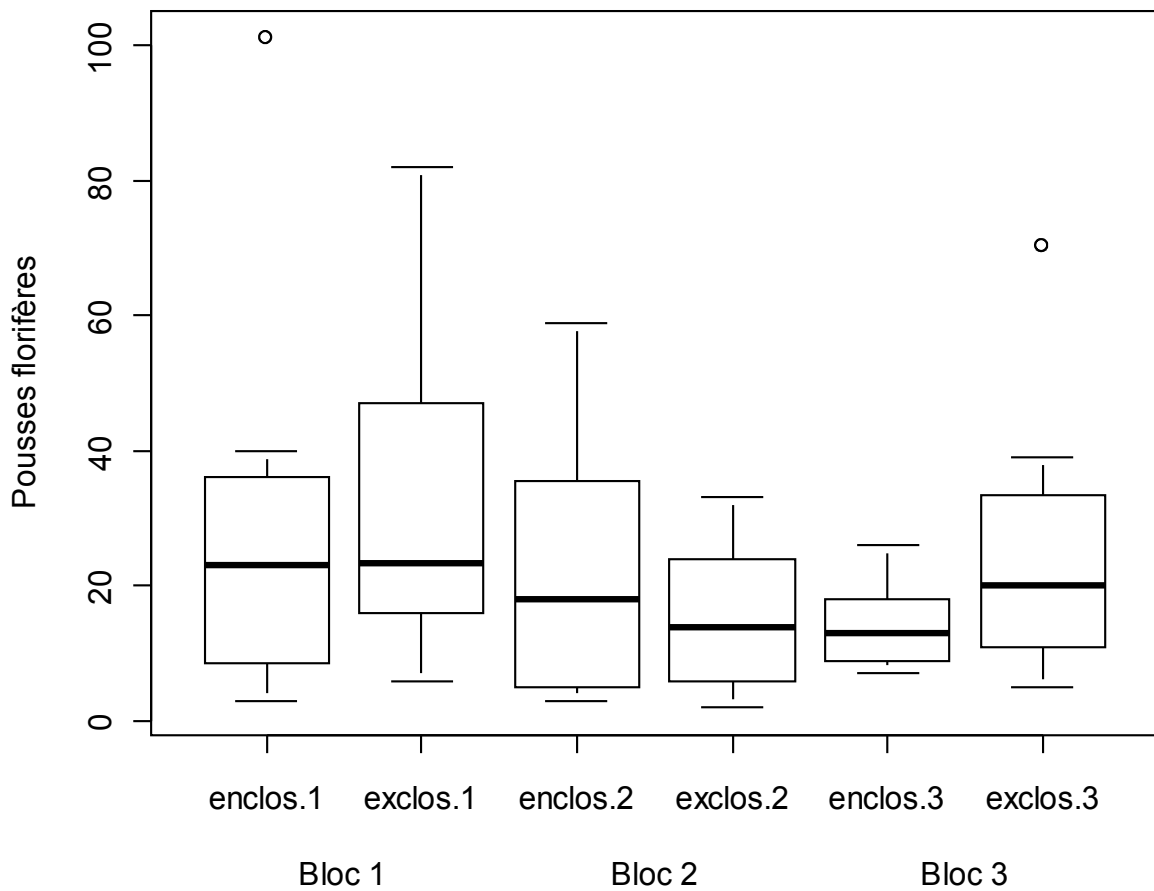


Figure 2 : Boîtes à moustaches des pousses florifères en fonction de la modalité et des blocs

La densité des pousses d'anémones observées correspondait à un indice foliaire (LAI) moyen de $0,037 (\pm 0,032)$ pour les pousses florifères et de $0,19 (\pm 0,079)$ pour les pousses végétatives. Selon le bloc l'indice foliaire des pousses florifères pouvait varier de 0,024 à 0,057, alors que pour les pousses végétatives la variation était de 0,12 à 0,24. Les pousses florifères recouvraient une surface moyenne de 4% sur une placette, tandis que les pousses

végétatives recouvraient en moyenne 19% de la surface d'une placette. L'indice foliaire total (des pousses florifères et des pousses végétatives) était de 0,25 (\pm 0,11) pour les enclos et de 0,20 (\pm 0,10) pour les exclos. Les pousses florifères représentaient 17% de l'indice foliaire total dans les enclos et de 15% dans les exclos. Une différence de recouvrement de 2% en moins pour les pousses florifères était présente dans les exclos par rapport aux enclos. Cet écart était dû aux pousses florifères abruties par le chevreuil.

Les distributions en tailles des feuilles des pousses végétatives étaient comparables pour les 3 blocs (Test *KW* (1,4218) = 2, $P < 0,4912$). Les pousses végétatives se retrouvaient principalement dans la classe 2 (entre 1 et 2 cm), et la classe qui regroupait le moins de pousses végétatives était la classe 5 (entre 4 et 5 cm) (figure 3). Les pousses végétatives se trouvaient surtout dans les classes de petites tailles.

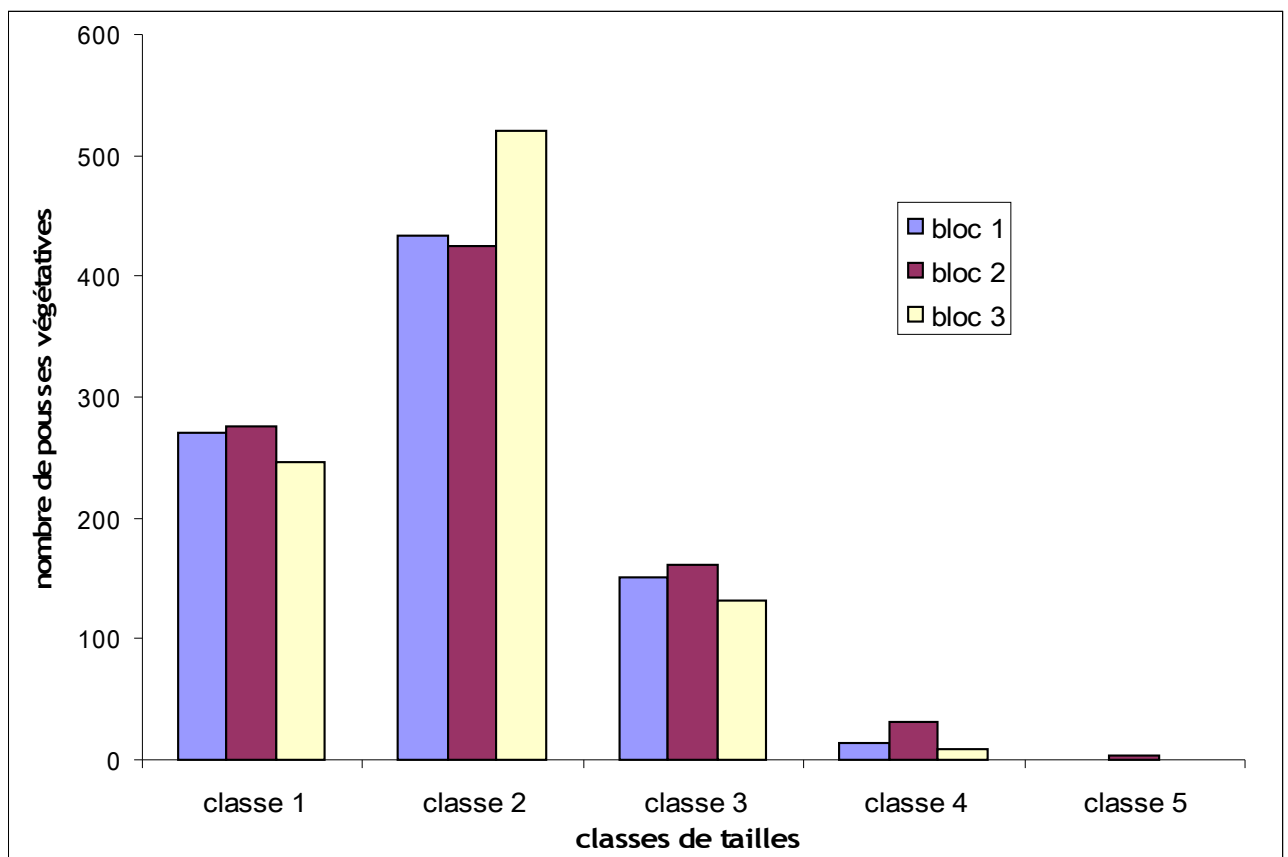


Figure 3 : Histogramme des différentes distributions en classes de tailles des feuilles des pousses végétatives de chaque bloc

Comme pour les pousses végétatives les feuilles des pousses florifères ont été ordonnées en classes de tailles. Ici la distribution était composée de 7 classes de tailles. Grâce à cette classification, les distributions des feuilles des pousses florifères selon leurs tailles ont été comparées entre les différents blocs. Il s'est avéré que les distributions étaient différentes entre les blocs (figure 4). (Test $KW(9,5317) = 2, p < 0,00851$). La distribution du bloc 1 était différente de celles des blocs 2 et 3, car les pousses florifères du bloc 1 se trouvaient dans des classes généralement plus petites que celles des blocs 2 et 3 (figure 4). (Comparaison des blocs 1 et 3 : $KW(7,344) = 1, p < 0,006729$; Comparaison des blocs 1 et 2 : $KW(6,4641) = 1, p < 0,011$; Comparaison des blocs 2 et 3 : $KW(0,0564) = 1, p < 0,8123$).

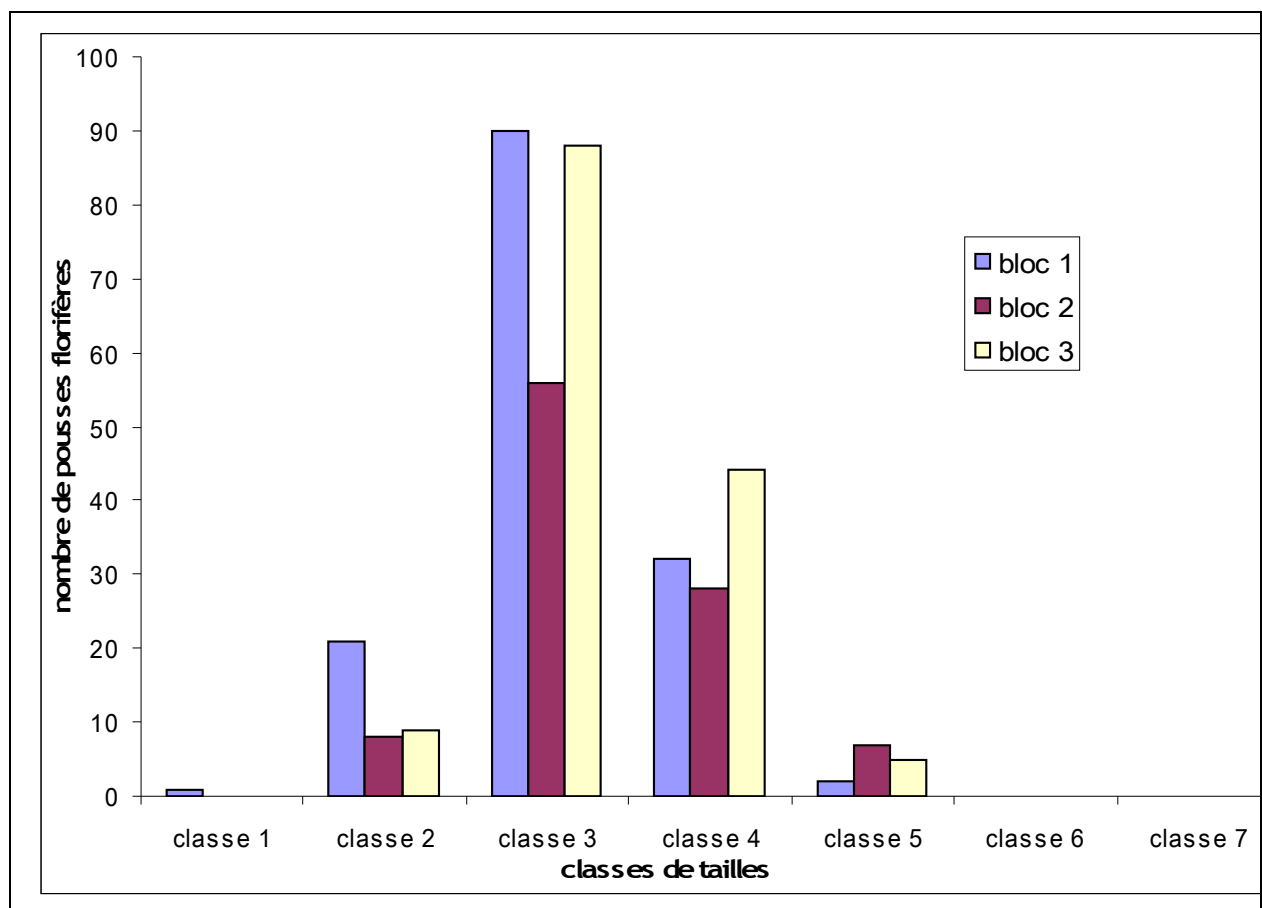


Figure 4 : Histogramme des différentes distributions en classes de tailles des feuilles des pousses florifères de chaque bloc

En même temps que les classes de tailles des feuilles des pousses florifères ont été relevées, le nombre de graines correspondant aux fleurs a été noté. Le nombre moyen de

graines par fleur était de $7,7 (\pm 5,9)$, et il pouvait varier de 0 à 35 graines par fleur. Le nombre de graines produites par m^2 était de $149 (\pm 5,9)$.

Ensuite un test de corrélation a été effectué entre le nombre de graines qu'une pousse florifère peut posséder et sa classe de taille. Il s'est avéré que plus la pousse florifère appartenait à une classe de taille élevée, plus elle risquait d'avoir un nombre de graines élevé, (Test S (102540029), $p < 1,279 \text{ e-}10$). Cependant r^2 nous indiquait que seulement 5% des variations du nombre de graines étaient expliquées par la taille des pousses florifères. Par conséquent, d'autres paramètres peuvent jouer un rôle important dans la détermination du nombre de graine qu'une fleur peut posséder.

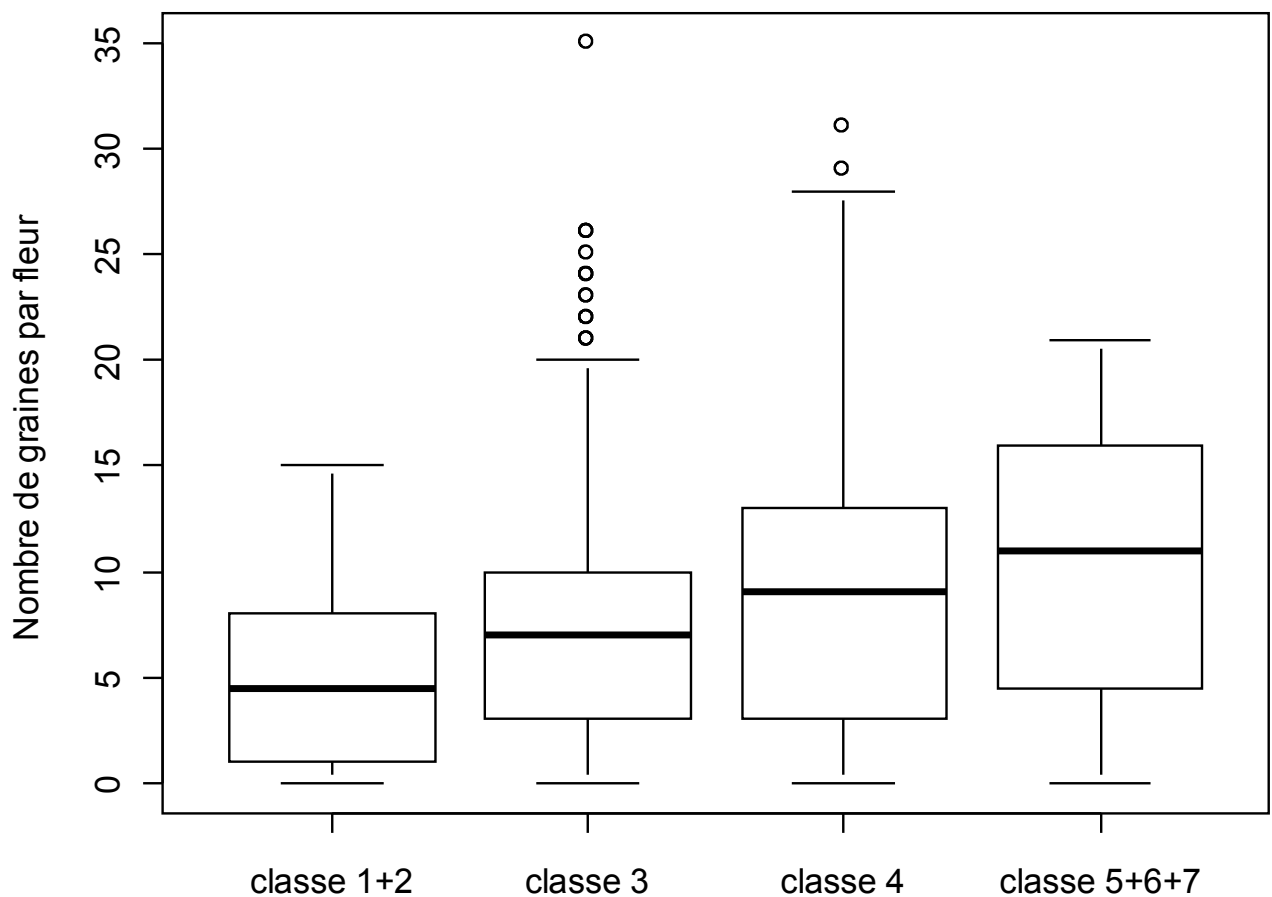


Figure 4: Boîtes à moustaches nous mettant en évidence la corrélation entre la variable correspondant au nombre de graines d'une fleur et la variable correspondant à la classe de taille de la fleur

III- 1- 2 Caractéristiques phénologiques

La phénologie des pousses florifères et végétatives a été étudiée pour les années 2008 et 2009 (figure 5). On a observé que les pousses florifères commençaient à se développer plus tôt que les pousses végétatives. Elles arrivaient également à leur maximum plus rapidement que les pousses végétatives. Les pousses d'anémone sylvie étaient observables pendant environ 3 mois. Concernant, les différents stades phénologiques pour l'année 2009, il a été observé que le stade bourgeon n'a duré qu'un peu plus d'un mois entre début mars et début avril. Les fleurs ont été retrouvées ouvertes entre mi mars et fin avril, et elles ont commencé à faner début avril (figure 6).

Des variabilités interannuelles ont été observées au niveau de la période d'apparition des pousses florifères et végétatives entre les années 2008 et 2009. Les pousses végétatives et les pousses florifères de 2008 se sont développées plus précocement que les pousses de 2009. A la fin février 2008 les pousses d'anémone sylvie ont commencé à être visibles au-dessus de la litière, alors qu'en 2009 elles ne sont apparues qu'au début de mars. Le nombre de pousses florifères de 2008 était arrivé à son maximum le 10 mars alors que celui des pousses florifères de 2009 était parvenu à son maximum le 7 avril. Un décalage de 1 mois entre les deux années a donc été observé.

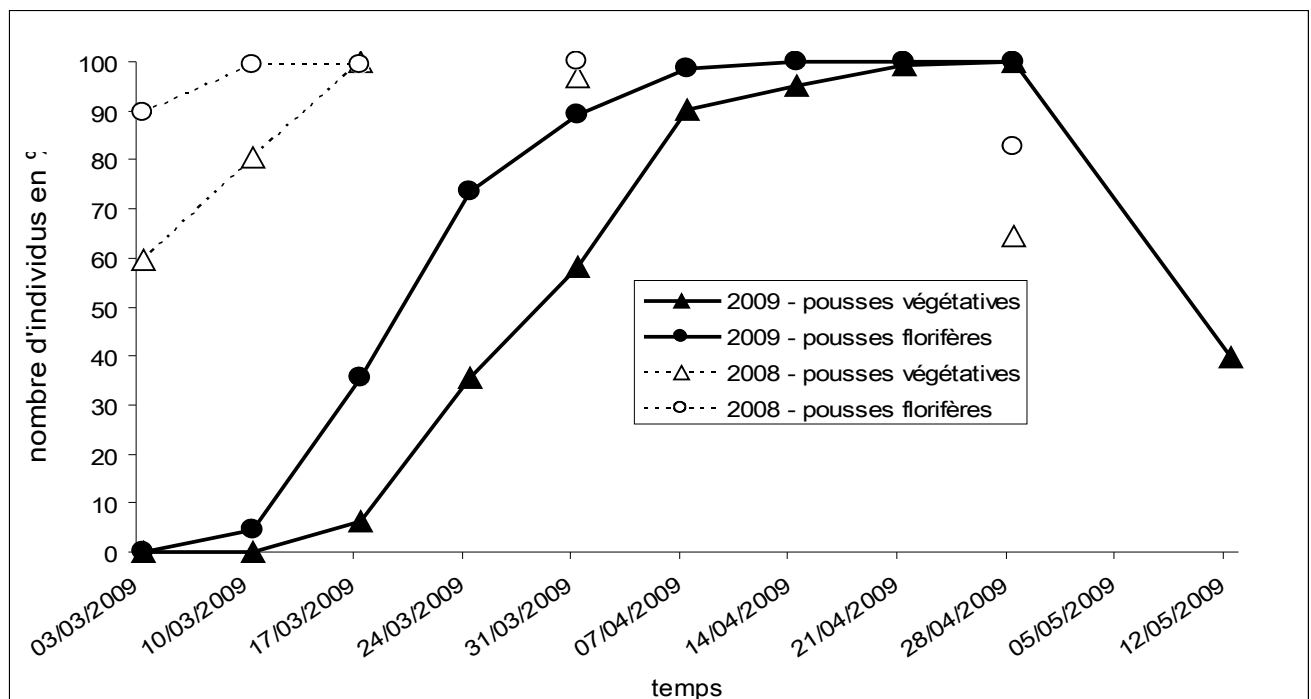


Figure 5 : Courbes de suivi du nombre de pousses florifères et végétatives pour les années 2008 et 2009.

Une variabilité interannuelle a été observée aussi au niveau du nombre de pousses florifères entre l'année 2008 et l'année 2009 (tableau 2). (Test $T (-2,928)=5$, p-value < 0,0327). En 2009, le nombre de fleurs était deux fois supérieur à celui de 2008, sauf pour les placettes n° 111 et n°103, où il n'y avait que 6 individus en plus par rapport à l'année 2008. De plus, les trop grandes variabilités interannuelles entre 2008 et 2009 sont susceptibles de masquer des différences imputables à l'abrouissement.

Tableau 2 : Suivi des années 2008 et 2009 du nombre de pousses florifères par placette

Placette	Modalité	Nombre de pousses florifères	
		Année 2008	Année 2009
58	Exclos	24	48
94	Enclos	22	43
120	Exclos	15	28
111	Enclos	11	17
44	Exclos	58	103
103	Enclos	25	27

III- 3 Abrouissement des pousses florifères

III- 3- 1 Taux d'abrouissement

Le taux d'abrouissement des pousses florifères était en moyenne de 28% en 2009, mais il montrait une grande variabilité spatiale aux échelles inter et intra-site. Le taux d'abrouissement du chevreuil pouvait varier de 0 à 93% sur une placette, et entre bloc le taux d'abrouissement pouvait varier de 10 à 44% (tableau 1).

III- 3- 2 Parallèle entre le nombre d'abrouissement et la phénologie de l'anémone

Un suivi a été mené pour déterminer à quel moment intervenait l'abrouissement par rapport aux stades phénologiques de l'anémone sylvie (figure 6). Il a été observé que le nombre d'abrouissement maximum se situait au même moment où débutait l'apparition des premières fleurs ouvertes. Plus on avançait dans le développement des pousses florifères de l'anémone sylvie, plus le nombre d'abrouissement diminuait. Il finissait par atteindre un nombre d'abrouissement minimum fin avril au moment où les fleurs des pousses florifères ont fané. La période d'abrouissement a duré un peu plus d'un mois, tout comme la période pendant laquelle les fleurs des pousses florifères sont restées ouvertes.

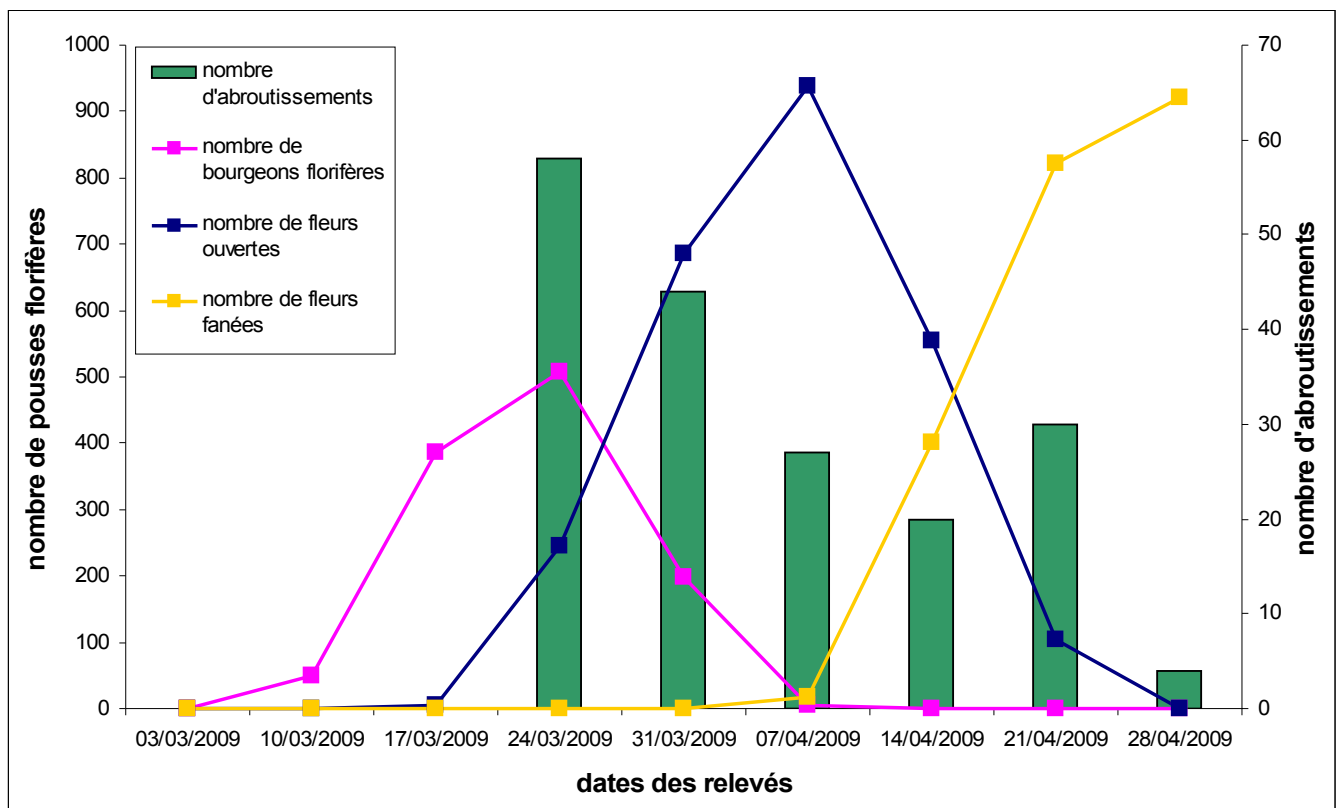


Figure 6 : Superposition entre les courbes des stades phénologiques de l'anémone sylvie et l'histogramme du nombre d'abrouissements en fonction du temps

III- 3- 3 Comportement d'abrouissement du chevreuil

➤ Selon la densité de fleurs

Nous avons voulu percevoir si le chevreuil choisissait d'abrouiter une placette selon le nombre de pousses florifères qu'elle comportait. Le test qui a été utilisé était le test de Spearman. Il n'indiquait pas de corrélation entre le taux d'abrouissement et le nombre de fleurs sur une placette, (Test S (1478,464), $p < 0.08662$). Par conséquent, nous n'avons pas observé si le chevreuil effectuait un choix selon la quantité de fleur que pouvait contenir une placette.

➤ Selon la taille des fleurs

Les distributions en classes de tailles entre enclos et exclos ont été comparées. Si le chevreuil choisissait d'abrouiter l'anémone sylvie selon sa taille, cela aurait entraîné des distributions en classes de tailles différentes. Mais ici, les distributions en classes de tailles des feuilles de pousses florifères étaient comparables. Par conséquent, le chevreuil ne montrait pas de préférences pour des fleurs appartenant à une quelconque classe de tailles en termes d'abrouissements. (Test KW (2,7133)=1, $p < 0.09951$).

IV- Discussion

Cette étude a apporté plusieurs informations concernant l'anémone sylvie. Les informations récoltées ont fourni des renseignements sur la démographie, sur la phénologie et sur l'abrouissement.

IV- 1 Les caractéristiques démographiques et phénologiques de l'anémone

Les résultats sur la démographie de l'anémone sylvie ont donné plusieurs informations. Tout d'abord, le nombre de pousses végétatives et florifères par m² ainsi que le nombre de graines par m² étaient similaires à ceux trouvés dans la littérature (Piroznikow, 1994). La distribution des tailles des feuilles d'anémones sylvie, ont mis en valeur une distribution avec beaucoup de pousses dans les classes de petites tailles. Plusieurs hypothèses

peuvent expliquer ce résultat. Ce nombre élevé de petites pousses peut indiquer que beaucoup de nouvelles pousses sont apparues en 2009 provenant peut-être du fait qu'un grand nombre de segments de rhizome ont été cassés par piétinement produisant ainsi des petites pousses. Ou bien, cela peut être aussi dû à l'herbivorie qui a fragilisé et sensibilisé le rhizome, ce qui l'a amené à produire des plus petites pousses car il n'avait pas assez d'énergie pour produire une pousse de grandeur normale par rapport à son âge. Enfin, la dernière hypothèse serait que le rhizome aurait produit plusieurs pousses, car il possédait un nombre élevé de branchaisons.

D'un point de vue phénologique, les résultats indiquaient que les pousses florifères et végétatives commençaient à se développer en même temps. Cependant les pousses florifères avaient un développement qui augmentait et atteignait un maximum de manière beaucoup plus rapide que les pousses végétatives. Il semblerait donc que les pousses végétatives auraient un développement moins rapide que les pousses florifères. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées. Tout d'abord, il faut savoir que dans les premières années de vie de l'anémone sylvie, il n'y a que des pousses végétatives qui sont produites, ensuite lorsque le rhizome est plus âgé des pousses florifères peuvent être formées.

La première hypothèse est en rapport avec la germination. Il est possible que ce soit due au fait que les graines germent sur une période très étendue dans le temps. Par conséquent toutes les graines ne germent pas en même temps, ce qui donne des pousses végétatives distribuées au cours du temps. Au contraire les rhizomes vont se développer tous en même temps dès que les conditions sont favorables, donc les pousses végétatives et les florifères se développent simultanément.

La seconde hypothèse est en rapport avec l'abrutissement, étant donné que ce sont les pousses florifères qui sont en majorité abruties par le chevreuil, il est possible qu'elles effectuent des apparitions qui soient simultanées et plus rapides que les pousses végétatives, ce qui leur permettrait d'adopter un mécanisme d'évitement contre l'herbivorie (comme pour la fructification intermittente chez les essences telles que le chêne et le hêtre).

Cette étude a pu mettre en évidence des variabilités interannuelles entre les années 2008 et 2009. Une variabilité au niveau de la période d'apparition des pousses d'anémones sylvie a été décelée, entre les années ces deux années. Les pousses végétatives et florifères de 2008 se sont développées beaucoup plus tôt qu'en 2009. Cette différence de développement peut être due à la dissemblance de climat entre les deux années

Une autre variabilité interannuelle subsiste au niveau du nombre de pousses florifères entre les années 2008 et 2009, puisque d'une année à l'autre le nombre de fleurs sur une

placette pouvait doubler. Cette augmentation du nombre de pousses florifères peut s'expliquer par le fait que l'année 2008 était plus favorable pour le développement de l'anémone. Cela aurait engendré une plus forte accumulation de réserve dans les rhizomes, permettant ainsi une plus grande dépense d'énergie pour produire des pousses florifères et donc effectuer plus de reproduction sexuée en 2009. Cette forte variabilité interannuelle permet de supposer, que pour étudier l'impact d'abrutissement sur l'anémone sylvie, il conviendrait de le faire sur une longue période d'étude, car ces variabilités peuvent dissimuler l'impact réel de l'abrutissement.

IV- 2 L'abrutissement de l'anémone

L'abrutissement s'effectue dans la plupart des cas sur les pousses florifères (Mârell et *al.*, 2008), car les fleurs sont beaucoup plus nutritives que les pousses végétatives. Il a été démontré que les chevrettes mettent bas des faons de poids supérieur dans des milieux possédant une densité de fleurs printanières élevée (Pettorelli et *al.*, 2003). Par conséquent, les fleurs printanières sont nutritives.

Etant donné que l'anémone est une plante printanière et est une herbacée produisant des pousses florifères très tôt dans l'année, il est facilement concevable de comprendre pourquoi le chevreuil l'abrouiti.

Le taux d'abrutissement était variable entre chaque bloc, puisqu'il allait de 10% pour le bloc 2 à 44% pour le bloc 1. Sur le bloc 2 peu d'abrutissements ont été notés par les chevreuils, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. C'est peut-être à cause d'une battue qui avait engendré la mort de spécimens vivants sur ce territoire, ou peut-être à cause du positionnement du bloc qui se situait entre deux territoires de chevreuils. Il est possible aussi que les chevreuils disposent à cet endroit d'autres ressources alimentaires que l'anémone sylvie. Et enfin, il est envisageable que le chevreuil situé sur ce site, ne mange pas les anémones, c'est un comportement qui peut être propre à l'individu.

Le taux moyen d'abrutissement des pousses florifères sur notre étude était de 28%. Ce taux est inférieur à celui retrouvé sur les populations de trille blanc (*Trillium grandiflorum* L.) avec l'herbivorie du cerf à queue blanche (*Odocoileus virginianus clavium* L.) (Knight, 2004). Mais, il faut cependant ajouter qu'elle n'a pas les mêmes caractéristiques biologiques que l'anémone sylvie. Un niveau d'herbivorie de 28% n'est pas négligeable, et il est susceptible d'exercer des effets sur la démographie de l'anémone sylvie. Un abrutissement synchronisé et concentré sur les étapes sensibles dans le cycle de vie du rhizome, peut avoir

une grande influence sur la reproduction et la croissance (Whigham et Chapa, 1999). De plus, quelques résultats préliminaires montrent que l'abrouissement par le chevreuil semblerait avoir lieu au moment où les ressources dans les rhizomes sont à leur minimum (Philipp et Petersen, 2007). Il a été affirmé que plus l'abrouissement se faisait tôt, et plus le rhizome était affaibli. Deux hypothèses peuvent être émises sur les effets éventuels de l'abrouissement sur la démographie de l'anémone sylvie. Le chevreuil, par sa présence peut avoir un impact direct sur les peuplements d'anémone, mais aussi un impact indirect (figure 7).

L'impact direct (par abrouissement des fleurs) serait une diminution du nombre d'anémones sylvie jusqu'à son extinction locale sur le long terme. Cette hypothèse est cependant controversée puisque certains scientifiques pensent que le fait qu'elle se reproduise principalement par voie végétative, lui donne toujours une chance de se multiplier et donc de perdurer. Il faut cependant noter que la reproduction sexuée est nécessaire pour permettre un brassage génétique, et une meilleure adaptation des espèces à un milieu qui peut être variable. La reproduction sexuée est essentielle pour maintenir la population de l'anémone sylvie, la proportion relative de la reproduction sexuée contre la reproduction végétative est de 4,4%, ce qui est élevé pour une plante à rhizome (Müller et *al.*, 2000).

La seconde hypothèse sur l'effet indirect du chevreuil (par abrouissement des fleurs et des feuilles) sur la population d'anémone sylvie, me semble toutefois plus pertinente. Le chevreuil en abrouissant les feuilles des pousses florifères, va empêcher le stockage dans les rhizomes des métabolites produits *via* la photosynthèse. De plus, cela se passe au début du développement des pousses florifères, c'est-à-dire au moment où le rhizome est le plus sensible et le plus vulnérable. Ainsi cela entraînerait un épuisement des réserves contenues dans le rhizome, qui à long terme provoquerait un manque d'énergie pour la croissance d'une pousse, entraînant sa mort. Ces deux hypothèses sont donc dépendantes de la densité de chevreuils.

Pour modérer ces propos, l'étude des résultats de l'indice foliaire indiquait que l'abrouissement du chevreuil a engendré une perte de 2% de recouvrement foliaire. Cette perte se traduit par une diminution de 2% de la surface foliaire permettant d'effectuer la photosynthèse. C'est un pourcentage qui semble faible surtout si on se place à l'échelle de la population.

Nous avons voulu étudier à quel moment le chevreuil intervenait pour manger l'anémone sylvie. Il a été remarqué que le chevreuil commençait à abrouir l'anémone sylvie surtout pendant la période où les premières pousses florifères ont leurs fleurs qui s'ouvrent. Il est possible que ce soit un comportement du chevreuil qui est lié à la valeur nutritionnelle des

pousses florifères car lorsque les pousses florifères ont des fleurs ouvertes en stade juvénile, elles sont beaucoup plus nutritives que lorsqu'elles sont matures. Quand la plante passe du stade juvénile au stade mature, elle fabrique une paroi secondaire qui est épaisse et très peu digeste, de plus, il y a remobilisation de l'azote pour le rhizome et les akènes. Par conséquent, le chevreuil va préférer manger l'anémone sylvie lorsqu'elle vient de fleurir plutôt que lorsqu'elle progresse dans sa phase de maturation. En outre, durant la sénescence de l'anémone sylvie, d'autres plantes commencent à se développer, ainsi le chevreuil va privilégier d'autres espèces végétales de meilleure qualité.

Le chevreuil est un mammifère sélectif, car il ne mange principalement que les pousses florifères. En faisant cette sélection, son impact ne se fera que sur les rhizomes assez âgés qui auront assez de réserves pour produire une pousse florifère. Par conséquent, la taille des pousses abruties sera globalement supérieure à la moyenne des pousses florifères et végétatives. Donc le chevreuil va agir sur la distribution de taille en n'abrutissant pas les pousses des jeunes rhizomes qui ne produisent que des pousses végétatives.

Nous avons voulu étudier si le chevreuil faisait un choix au niveau de la densité et ou de la taille des pousses florifères. En comparant les taux d'abrutissement entre des placettes contenant une faible densité florale et des placettes possédant une forte densité de fleurs. Les résultats ont indiqué pour cette étude, que le chevreuil n'avait pas effectué un choix selon la densité. Il en est de même pour la taille des pousses florifères. Nos résultats n'indiquent pas un abrutissement préférentiel des pousses florifères de tailles élevés. Si cela avait été le cas, l'abrutissement du chevreuil aurait entraîné une diminution de la production de graines supérieure à 28%. Car les plantes qui auraient été abruties auraient été plus grandes que la moyenne et par conséquent elles auraient produit plus de graines.

L'un des objectifs de cette étude était de présenter l'état initial du dispositif qui a été mis en place. Nous avons pu observer que les 3 blocs possédaient un nombre semblable de pousses florifères. Ces données sont intéressantes car grâce à cela, il sera possible d'envisager dans les années à venir de faire une comparaison entre les traitements sans faire de distinction entre les blocs.

Pour conclure, à la vue de nos résultats, le chevreuil pourrait avoir un fort impact d'abrutissement sur l'anémone sylvie. Tout d'abord, au niveau de son adaptabilité au milieu, puisqu'il diminue le brassage génétique de cette espèce en abrutissant ses fleurs (effet direct). Puis, sur sa croissance (effet indirect), puisqu'il l'affaiblit en abrutissant ses feuilles

entraînant ainsi une diminution des mises en réserves des métabolites photosynthétiques, essentiels au bon développement du rhizome de l'anémone sylvie. Néanmoins, une étude sur le long terme, permettra d'obtenir des résultats plus précis, ainsi que d'avoir une vision de l'évolution développementale de l'anémone sylvie avec ou sans l'impact d'abrutissement du chevreuil. Malgré le fait que l'anémone sylvie possède plusieurs mécanismes pour survivre à une faible herbivorie, (comme des rhizomes contenant des réserves d'énergies et de nutriments, ou bien la production d'un métabolite secondaire la proto-anémone, qui est connue pour être toxique pour le bétail, ou encore une apparition simultanée et rapides des pousses florifères et végétatives) elle n'en reste pas moins atteinte par un fort taux d'abrutissement surtout lorsqu'il se passe tôt pendant la période de végétation.

Enfin, cette étude a permis de mettre en évidence un taux d'abrutissement du chevreuil sur l'anémone sylvie, le chevreuil pourrait donc avoir un impact sur la démographie de cette herbacée. L'anémone pourrait être une espèce indicatrice de la pression d'herbivorie, cependant le nombre de fleurs n'est pas un indicateur assez fiable à cause des variabilités interannuelles, il faudrait donc l'associer à d'autres indicateurs pour plus de fiabilité.

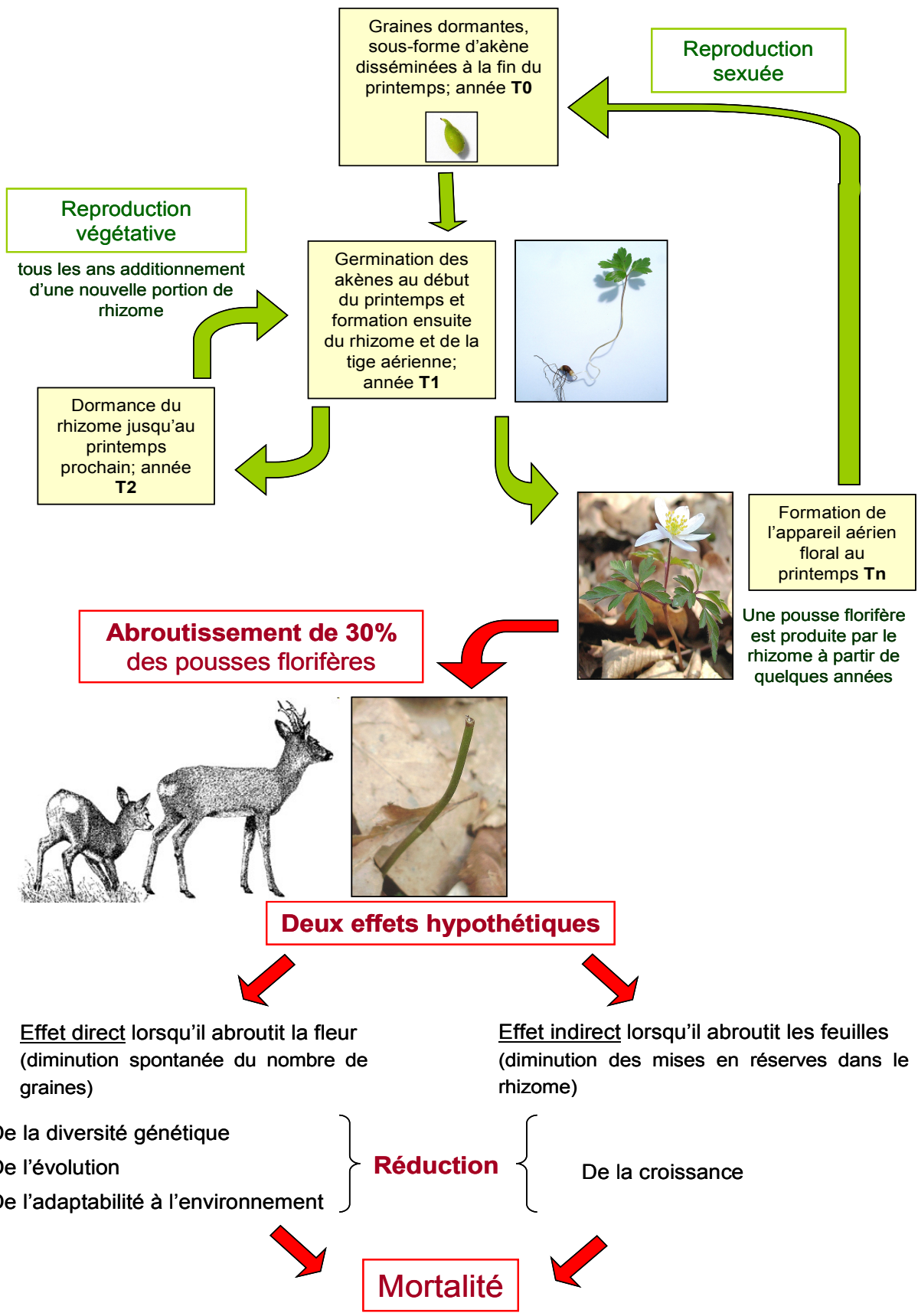


Figure 7 : Schéma récapitulatif du cycle de vie de l'anémone en lien avec l'abrouissement du chevreuil.

Remerciements – Je tiens à remercier tout particulièrement Anders Mårell, mon responsable de stage, pour ses conseils, ses connaissances ainsi que pour son soutien, ce qui a permis au final le bon déroulement de mon stage. Mon attention se porte aussi vers Dominique Ballon qui m’a fourni une aide très précieuse en venant m’accompagner durant mes sorties sur le terrain. Merci également à l’ensemble de l’équipe des Cervidés, aux agents du Cemagref et aux stagiaires.

V- Références bibliographiques

- Allombert, S., Gaston, A. J. & Martin, J. L. 2005a. A natural experiment on the impact of overabundant deer on songbird populations. *Biological Conservation*, 126: 1-13.
- Allombert, S., Stockton, S., Martin, J. L. 2005b. A natural experiment on the impact of overabundant deer on forest invertebrates. *Conservation Biology*, 19: 1917-1929.
- Ballon, P., Hamard, J.P., Klein, F. 2005. Importance des dégâts de cervidés en forêt. Principes acquis et recommandation suite à la mise en place d’un observatoire national. *Revue Forestière Française*, 57: 399-412.
- Carruette, P., Etienne, P., Mailler, M. 2004. Le chevreuil. *Les sentiers du naturaliste*.
- Cooper, E., Wookey, P. 2003. Floral Herbivory of Dryas by Svalbard Reindeer. *Arctic Antarctic and Alpine research*, 35: 369-376.
- Cranzac, N., Cibien, C., Angibault, J-M., Morellet, N., Vincent, J-P., Hewison, A. 2001. Variation saisonnières du régime alimentaire du chevreuil (*Capreolus capreolus*) selon le sexe en milieu forestier à forte densité (forêt domaniale de Dourdan). *Mammalia*, 65 : 1-12.
- Fuller, R.J., Gill, R.M.A, 2001. Ecological impacts of increasing numbers of deer in British woodland. *Forestry*, 74: 193-199.
- Greenwald, K. R., Petit, L. J., Waite, T. A. 2008. Indirect effects of a keystone herbivore elevate local animal diversity. *Journal of Wildlife Management*, 72: 1318-1321.
- Knight, T.M. 2004. The effects of herbivory and pollen limitation on a declining population of *Trillium grandiflora*. *Ecological applications*, 14: 915-928.
- Knight, T.M. 2007. Population-level consequences of herbivory timing in *Trillium grandiflorum*. *American Midland Naturalist*, 28: 83-127.
- Kossak, S. 1983. Trophic relations of Roe Deer in a fresh deciduous forest. *Acta theriol*, 28: 6: 83-127.

- Krupnick, G., Weis, A. 1999. The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. *Ecology*, 80: 135-149.
- Mårell, A., Archaux, F., Korboulewsky, N. 2008. Floral herbivory (*Anemone nemorosa* L.) by roe deer (*Capreolus capreolus* L.). *Plant Species Biology*.
- McGraw, J.B, Furedi, M.A 2005. Deer browsing and population viability of a forest understory plant. *Science*, 307: 920-922.
- Moser, B. W., Witmer, G. W. 2000. The effects of elk and cattle foraging on the vegetation, birds, and small mammals of the Bridge Creek Wildlife Area, Oregon. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 45: 151-157.
- Müller, N., Schneller, J.J., Holderegger, R. 2000. Variation in breeding system among populations of the common woodland herb *Anemone nemorosa*. *Plant Systematics and Evolution*, 221: 69-76.
- Pettoreli, N., Dray, S., Gaillard, J-M., Chessel, D., Duncan, P., Illius, A., Guillon, N., Klein, F., Laere, G.V. 2003. Spatial variation in springtime food resources influences the winter body mass of roe deer fawns. *Oecologia*, 137: 363-369.
- Philip, M., Peterson, P.M. 2007. Long-term study of dry matter allocation and rhizome growth in *Anemone nemorosa*. *Plant Species Biology*, 22: 23-31.
- Piroznikow, E. 1994. Demography of *Anemone nemorosa* L. in dry-site deciduous forest (Tilio-Carpinetum) in the Bialowieza forest. *Ekologia Polska*, 42: 155-172.
- R Development Core Team. 2007. R: A language and environment for statistical computing, Vienna, Austria.
- Rooney, T.P, Gross, K. 2003. A demographic study of deer browsing impacts on *Trillium grandiflorum*. *Plant Ecology*, 168: 267-277.
- Saint-Andrieux, C., Klein, F., Leduc, D., Landry, P., Guibert, B. 2004. La progression du cerf élaphe en France depuis 1985. *Faune Sauvage*, 264: 19-28.
- Saint-Andrieux, C., Pfaff, E. 2008. Les enquêtes tableaux de chasses départementaux et communaux depuis 1975. Database of the "Réseau des correspondants Cervidés-sanglier", ONCFS et Fédération Nationale des Chasseurs.
- Shirref, D., 1984. Rhizome Growth and Clone Development in *Anemone nemorosa* L. *Annals of botany*, 54: 315-324.
- Shirref, D., 1985. Biological flora of the British Isles. *Journal of ecology*, 73 : 1005-1020.
- Rossow, L. J., Bryant, J. P., Kielland, K. 1997. Effects of above-ground browsing by mammals on mycorrhizal infection in an early successional taiga ecosystem. *Oecologia*, 110: 94-98.

- Tobler, A., Van Zandt, A., Hasenstein, H., Mopper, Susan. 2006. Growth and reproduction of clonal plant in response to salinity and florivory. *Wetlands*, 26: 803-812.
- Tremblay, J.P., Huot, J., Potvin, F. 2007. Density-related effects of deer browsing on the régénération dynamics of boreal forests. *Journal of Applied Ecology*, 44: 552-562.
- Whigham, D. et Chappa, A. 1999. Timing and intensity of herbivory: its influence on the performance of clonal woodland herbs. *Plant Species Biology*, 14: 29-37.