

**IMPACT DU BROUITEMENT DU CERF DE VIRGINIE,
DURANT LA PÉRIODE DE DORMANCE,
SUR LA PRODUCTION DE FOIN DE LÉGUMINEUSES
DANS LA RÉGION DE L'ESTRIE**

Rapport final présenté à

l'Union des producteurs agricoles (UPA), Fédération régionale de l'Estrie ;
au Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec
(MAPAQ), Direction régionale de l'Estrie ;
et à la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ), Direction de
l'aménagement de la faune de l'Estrie

par

Marie-Claude Richer¹, Jean-Pierre Ouellet¹,
Line Lapointe², Michel Crête³ et Jean Huot²

¹ Université du Québec à Rimouski

² Université Laval

³ Société de la faune et des parcs du Québec

Juillet 2003

Référence à citer :

RICHER, M.-C., J.-P. OUELLET, L. LAPOINTE, M. CRÊTE et J. HUOT. 2003. Impact du broutement du cerf de Virginie, durant la période de dormance, sur la production de foin de légumineuses dans la région de l'Estrie. Société de la faune et des parcs du Québec, Université du Québec à Rimouski et Université Laval. 31p.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2003
ISBN : 2-550-41596-5

RÉSUMÉ

Dans le sud du Québec, en particulier dans les régions de la Montérégie et de l'Estrie, les populations de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus* Zimm.) atteignent de nos jours des densités élevées, et leur broutement modifie la densité et la composition de la régénération des peuplements forestiers qu'ils fréquentent. Ils font également des excursions dans des plantations, des vergers et des champs agricoles pour se nourrir, ce qui peut causer des pertes financières aux producteurs. La présente étude avait comme objectif de quantifier les dommages subis dans de jeunes prairies de légumineuses bordées de boisés et situées à l'intérieur ou à proximité de ravages de cerfs de Virginie de la région de l'Estrie. Des exclos ont été placés dans 8 prairies durant 2 hivers consécutifs, soit d'octobre à mai, et la récolte d'échantillons lors des fauches estivales dans les parcelles d'exclusion et des parcelles témoins a permis de mesurer la masse sèche produite, la proportion de légumineuses et la teneur en azote et en fibres du fourrage. Des mesures de l'accumulation de neige ont également été prises afin de tenir compte de l'effet potentiel de ce facteur. Les résultats obtenus montrent que le broutement du Cerf de Virginie peut entraîner une perte de rendement annuel de l'ordre de 12 à 14 % dans de jeunes prairies de légumineuses bordées d'un boisé et situées à l'intérieur ou à proximité d'un ravage de cerfs de Virginie. Des dommages n'ont toutefois pas été observés dans toutes les prairies à l'étude.



TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ANNEXES	viii
1. INTRODUCTION.....	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	4
2.1 Calcul de la taille échantillon.....	4
2.2 Choix des fermes	4
2.3 Installation et retrait des exclos.....	5
2.4 Prise de données	7
2.5 Analyses statistiques.....	7
3. RÉSULTATS	8
3.1 Accumulation de neige.....	8
3.2 Masse sèche totale produite	9
3.3 Proportion de légumineuses dans le fourrage	12
3.4 Teneur en azote et en fibres	16
4. DISCUSSION.....	24
4.1 Accumulation de neige.....	24
4.2 Masse sèche totale produite	24
4.3 Proportion de légumineuses dans le fourrage	25
4.4 Teneur en azote et en fibres	25
5. CONCLUSION	27
6. REMERCIEMENTS.....	28
RÉFÉRENCES	29
ANNEXE	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Épaisseur de neige (cm) moyenne (moyenne des moindres carrés) par parcelle selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002)	8
Tableau 2.	Résultat de l'analyse de variance concernant l'accumulation de neige.....	8
Tableau 3.	Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la première fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	9
Tableau 4.	Résultat de l'analyse de covariance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la première fauche	9
Tableau 5.	Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	10
Tableau 6.	Résultat de l'analyse de covariance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la deuxième fauche	10
Tableau 7.	Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la troisième fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	11
Tableau 8.	Résultat de l'analyse de variance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la troisième fauche.....	11
Tableau 9.	Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	13
Tableau 10.	Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la première fauche.....	13
Tableau 11.	Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002)	14
Tableau 12.	Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la deuxième fauche	14
Tableau 13.	Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	15
Tableau 14.	Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la troisième fauche	15
Tableau 15.	Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002) ...	16

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

Tableau 16.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la première fauche.....	16
Tableau 17.	Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)..	17
Tableau 18.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la deuxième fauche.....	17
Tableau 19.	Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)...	18
Tableau 20.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la troisième fauche.....	18
Tableau 21.	Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	18
Tableau 22.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la première fauche	19
Tableau 23.	Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	19
Tableau 24.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la deuxième fauche	20
Tableau 25.	Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	20
Tableau 26.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la troisième fauche	20
Tableau 27.	Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	21
Tableau 28.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la première fauche	21
Tableau 29.	Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	22
Tableau 30.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la deuxième fauche	22

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

Tableau 31.	Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002).....	23
Tableau 32.	Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la troisième fauche	23

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Disposition des parcelles à l'intérieur d'une prairie (exclos : carré plein ; témoin : carré vide).....	6
-----------	---	---

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.	Masse sèche (g) du fourrage mesurée dans chacune des prairies à l'étude, à chacune des fauches des étés 2001 et 2002 (Richer et al. 2002).....	31
-----------	--	----

1. INTRODUCTION

Au moment de la colonisation de l'Amérique du Nord par les Européens, les régions du nord-est étaient couvertes de forêts. À cette époque, les cerfs de Virginie semblaient présents en nombre modéré (McCabe et McCabe 1984). La perte d'habitat causée par le développement de l'agriculture ainsi que la chasse incontrôlée ont contribué à sa quasi-disparition dans bien des régions de l'est de l'Amérique au tournant du siècle dernier (McCabe et McCabe 1984; Ellingwood et Caturano 1988). Par la suite, l'élimination des prédateurs naturels, l'introduction de mesures législatives de protection et le changement des mentalités ont permis une croissance spectaculaire des effectifs. Ainsi, de menacés qu'ils étaient, les cerfs sont devenus souvent des pestes, causant maintenant de nombreux problèmes dans plusieurs états américains (Crête et Daigle 1999). On devint conscient de ces problèmes autour des Grands-Lacs et en Pennsylvanie durant les deux dernières décennies; les gestionnaires québécois s'en croyaient cependant exemptés à cause des hivers rigoureux qui limitent les populations d'ici (ex. Potvin et al. 1981). En forêt, les fortes densités de cerfs peuvent compromettre la régénération (Marquis 1981; Tilghman 1989) et menacer certaines espèces végétales (Miller et al. 1992; Balgooyen et Waller 1995). Face à ces observations, certains auteurs américains ont recommandé de maintenir les densités de cerfs entre 4 et 7 individus/km² afin de réduire les répercussions négatives sur la flore forestière (Alverson et al. 1988; Tilghman 1989; Balgooyen et Waller 1995).

Dans le sud du Québec, le cerf de Virginie a connu une croissance d'effectif phénoménale au cours des dernières décennies. Ainsi, dans la zone de chasse 6, la récolte sportive de mâles, un indice de l'abondance de ce cervidé, est passée de moins de 100 prises vers 1970 à près de 4900 captures en 2002; dans la zone 4, les valeurs équivalentes furent de moins de 100 et de 3612 (Gosselin 1995; FAPAQ, non publ.). En 2003, on estime la densité à 8,7 et 3,9 cerfs/km² dans les zones 6 et 4, respectivement (FAPAQ, non publ.). Ainsi, l'abondance actuelle des cerfs dans certaines parties du sud du Québec dépasse les niveaux recommandés aux États-Unis pour minimiser les impacts négatifs sur la régénération et la flore des sous-bois.

En forêt, le cerf consomme principalement des feuilles d'arbres et d'arbustes ainsi que des plantes herbacées durant l'été (McCaffery et al. 1974; Skinner et Telfer 1974; non publ.), alors qu'en hiver, il se nourrit de ramilles d'arbres et d'arbustes (Dumont et al. 1998). Durant la saison hivernale, les cerfs se regroupent dans des territoires appelés « ravages », où ils bénéficient de sentiers pour se déplacer plus efficacement dans la neige. L'économie d'énergie qui en résulte leur permet de survivre aux hivers rigoureux. Dans les régions où les boisés se mêlent aux terres agricoles, les cerfs utilisent également les terres en culture durant l'été, principalement la nuit, où ils broutent vraisemblablement surtout du trèfle (*Trifolium sp.*), de la luzerne (*Medicago sativa L.*)

et des graminées, ainsi que des grains de maïs à l'automne; le jour, les cerfs retraitent souvent en forêt (Rouleau et al. 2002). Durant la saison estivale, les dommages aux cultures peuvent donc se répercuter directement sur les rendements (Palmer et al. 1982; Austin et Urness 1993; Hall et Stout 1999).

Selon Hulme (1996), les légumineuses seraient plus affectées que les graminées par le broutement durant la saison de croissance. Le broutement entraînerait une plus faible survie et une perte de biomasse supérieure des espèces de légumineuses comparées aux espèces de graminées. Cependant, la défoliation à l'automne ou au début du printemps pourrait également entraîner des dommages importants. La défoliation du trèfle blanc (*Trifolium repense* L.), avant l'entrée en dormance à l'automne, au moment où la plante stocke du carbone dans les racines et les stolons sous forme d'hydrates de carbone, entraîne une reprise de la croissance et donc une translocation de carbone vers les apex et les feuilles en développement (Frankow-Lindberg 1997). Par conséquent, moins de carbone est accumulé dans les racines pour résister au froid de l'hiver et démarrer la croissance au printemps suivant. Le broutement peut également induire une mobilisation des composés azotés pour pallier à des besoins énergétiques lors de défoliations sévères (Davidson et Milthorpe 1966). La teneur en azote de la partie aérienne de la plante peut ainsi être modifiée par le broutement, et par le fait même la qualité du fourrage. Selon Prigge et collaborateurs (1999), le broutement automnal, dans des prairies de trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.) mélangé à du fétuque (*Festuca arundinacea* Schreb.) et du dactyle pelotonné (*Dactylis glomerata* L.), peut affaiblir les plantes et les rendre moins résistantes au broutement printanier. La destruction ou l'affaiblissement des plantes durant la période hivernale serait l'un des problèmes les plus importants liés à la culture du trèfle rouge (Therrien et Smith 1960).

Depuis le milieu des années 1990, les producteurs agricoles de la région de l'Estrie cultivant du foin de légumineuses (trèfle rouge et luzerne, souvent en association avec de la fléole des prés (*Phleum pratense*)) comme plantes fourragères, se plaignent de dommages causés par le cerf de Virginie pendant la période de dormance (D. Lacroix, comm. pers.), alors que les pertes durant la saison de croissance sont beaucoup plus limitées. Ces dommages se produiraient principalement dans des champs semés durant le printemps précédant et situés à proximité d'un ravage de cerfs de Virginie, lorsque la couverture de neige est faible. Ce broutement entraînerait des pertes de rendement importantes, réduisant même le nombre de récoltes possibles durant l'été suivant. Ces dommages ne sont actuellement pas couverts par la Régie de l'assurance agricole du Québec (RAAQ), par le biais de son programme d'assurance récolte, lequel couvre les dommages causés par les animaux sauvages durant la saison de croissance végétale, soit du début du mois de mai jusqu'à la dernière récolte ou au plus tard le 1^{er} octobre.

Nous avons émis l'hypothèse que le broutement du cerf de Virginie dans les jeunes prairies de légumineuses de la région de l'Estrie modifiait la composition végétale ou réduisait les rendements l'été suivant les dommages, lorsque les cerfs broutent ces communautés végétales pendant la période de dormance des végétaux.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Calcul de la taille échantillon

Nous avons choisi de tester l'hypothèse de recherche en érigeant des exclos dans des champs durant la période de dormance. Nous avons tout d'abord, par l'entremise d'une analyse de puissance, déterminé la taille de l'échantillon nécessaire afin de détecter l'effet d'un traitement, à un niveau de probabilité donné. La taille de l'échantillon est estimée à l'aide de données statistiques (différence observée, variance) récoltées lors d'une étude préliminaire ou provenant d'études semblables et disponibles dans la littérature scientifique. Les données de deux études concernant les effets du broutement du cerf de Virginie sur les légumineuses, l'une en Pennsylvanie et l'autre en Utah (Palmer et al. 1982; Austin et Urness 1993) nous ont servi à effectuer l'analyse de puissance. Nous avons utilisé des données où le rapport différence observée/écart-type était le plus faible (0.30) afin d'être le plus conservateur possible dans l'estimation de la taille de l'échantillon. L'analyse de puissance nous a révélé qu'un effectif de 64 paires de parcelles (exclos-témoin) nous permettrait d'obtenir une puissance statistique de 80 %, ce qui veut dire que nous aurions ainsi une probabilité de 80 % de détecter une réduction de 5 à 10 % du rendement global de chaque fauche attribuable au broutement du cerf. Les prises de données se sont déroulées sur deux années consécutives (d'octobre 2000 à août 2002), afin d'éviter de mesurer un effet ponctuel, puisque le broutement hivernal semble être irrégulier et associé à la faible couverture de neige.

2.2 Choix des fermes

Nous avons utilisé un plan d'échantillonnage à deux degrés (Frontier 1983), où l'unité primaire était la ferme et l'unité secondaire était une parcelle de 0,81 m². Huit producteurs ayant ensemencé des prairies de légumineuses le printemps précédant le début de l'expérience ou encore l'année précédente, ont été choisis aléatoirement parmi une liste de producteurs affectés par la déprédation hivernale du cerf de Virginie et intéressés à participer au projet. Cette liste a été tirée des résultats d'un sondage réalisé par la Fédération régionale de l'Estrie de l'UPA et la Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie (FAPAQ), qui a été publié dans le numéro de mars 2000 du bulletin de liaison de l'UPA-Estrie.

À la fin du mois d'octobre 2000, la visite sur le terrain des fermes présélectionnées par la Fédération régionale de l'UPA nous a permis de retenir trois fermes. Les cinq autres ont été sélectionnées en discutant avec les agriculteurs. Quatre producteurs ont été retenus dans la région de Valcourt (François Bourassa, Yvan Demers, Walter Morneau, Gilles-Yvon St-Onge),

deux dans la région de Lingwick (Robert Gilbert, Michel Rousseau), et deux dans la région d'Island Brook (Brenda French, Guy Leclerc). Deux de ces sites étaient semés en luzerne (François Bourassa et Robert Gilbert) et les six autres l'étaient en trèfle. Toutes ces fermes étaient situées à proximité d'un ravage de cerfs de Virginie, et les champs retenus étaient situés près d'un boisé, maximisant la probabilité de fréquentation par les cerfs.

2.3 Installation et retrait des exclos

Des exclos de 90 cm X 90 cm X 30 cm de hauteur, jumelés à des parcelles témoins de même dimension, ont été installés aux environs du 1^{er} octobre 2000 ou après la dernière récolte, dans les prairies à l'étude. Les exclos étaient faits de fer-angle et de treilli de broche de 5 cm de côté, afin d'empêcher les cerfs de brouter à l'intérieur, et de supporter le poids de la neige en hiver, sans en empêcher l'accumulation. Pour chaque paire exclos-témoin, une distance de 3,1 m séparait les deux parcelles afin de prévenir un effet d'évitement chez les cerfs et l'amoncellement de neige. Les parcelles étaient disposées de façon systématique, de façon à couvrir le champ uniformément. La figure 1 illustre le patron de distribution des parcelles dans un champ. Les exclos étaient fixés au sol à l'aide de piquets de fer, et les quatre coins des parcelles d'exclusion et des parcelles témoins étaient marqués à l'aide de clous et de rondelles métalliques peints de couleur vive pour faciliter le repérage, et étaient enfoncés au ras du sol pour ne pas déranger lors des fauches. Une baguette de bois était enfoncée au coin de chaque exclos durant l'hiver, pour permettre de retrouver les parcelles pour les mesures de neige, et prévenir les collisions avec les motoneiges. De plus, des marques étaient placées en bordure du champ, et la distance et l'azimut entre la borne et la paire de parcelles étaient notées précisément afin de permettre de les retrouver en cas de bris des baguettes de bois, et une fois les exclos retirés. L'état des exclos était vérifié à deux reprises durant l'hiver, soit en janvier et en février. Les exclos étaient retirés au début du mois de mai. Un piquet de bois était alors placé au coin de chaque exclos afin de faciliter le repérage des marques au moment des fauches. Un détecteur de métal était également utilisé afin de retrouver les parcelles témoin. Les piquets de bois étaient retirés lors de la récolte des échantillons, puis remis en place après chaque fauche devant être suivie d'une autre.

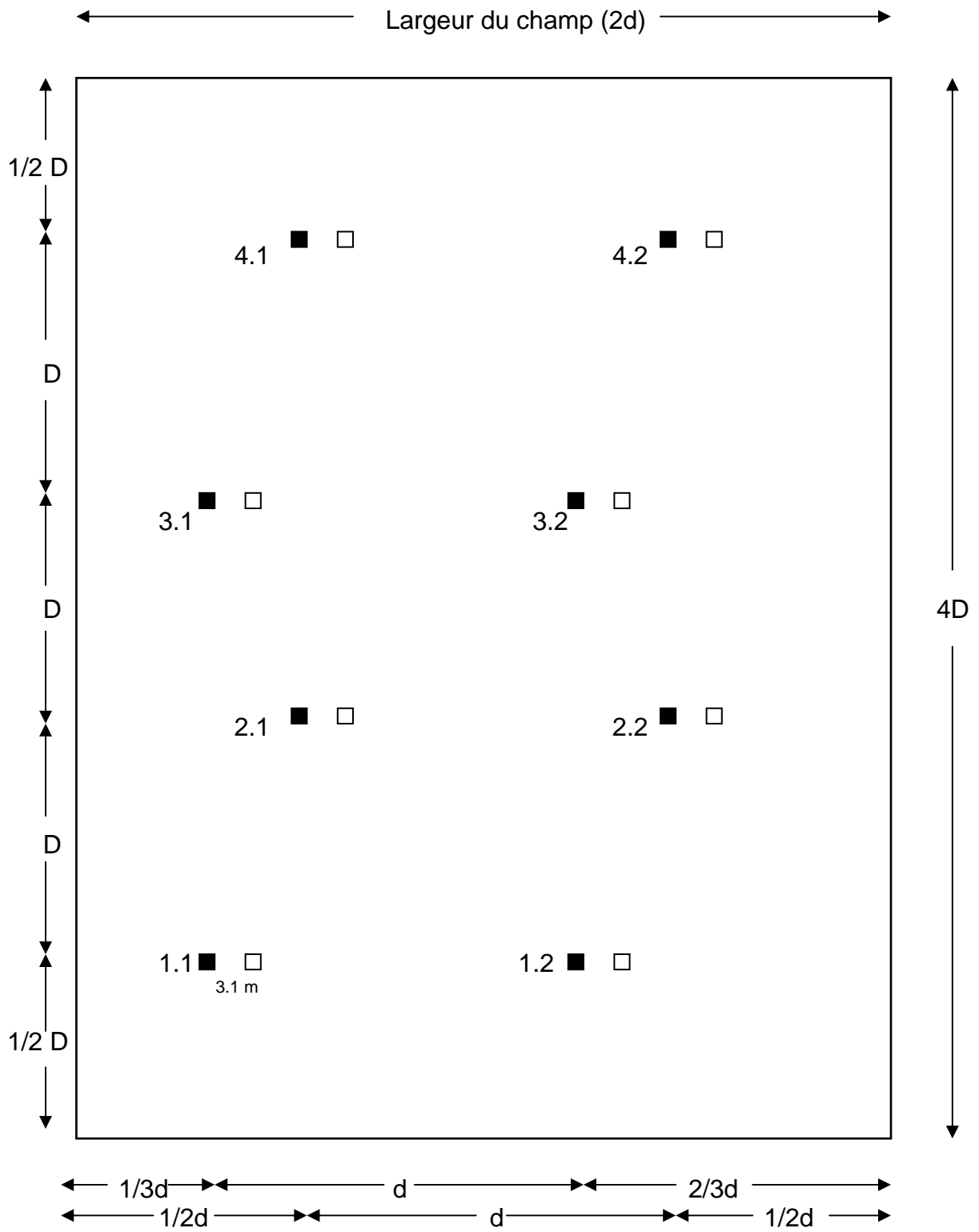


Figure 1. Disposition des parcelles à l'intérieur d'une prairie (exclos : carré plein ; témoin : carré vide)

2.4 Prise de données

L'épaisseur de la neige était mesurée lors des vérifications de l'état du dispositif expérimental, en janvier et février de chaque année. La mesure était prise au centre de chaque parcelle avec une précision de 1 cm.

Le foin croissant dans les parcelles était coupé dans la semaine précédant chaque récolte, à la même hauteur que celle à laquelle le producteur fauche. La végétation coupée dans chaque parcelle était pesée immédiatement, et un sous-échantillon (40 cm X 40 cm) était trié en trois catégories: légumineuses, graminées et mauvaises herbes. Chaque catégorie était pesée séparément sur le champ et les échantillons étaient gardés dans des sacs de papier pour être séchés le soir même. Le reste de la végétation de la parcelle était laissé sur place pour être récolté par le producteur. Les échantillons étaient placés dans une étuve artisanale à 40°C jusqu'à stabilisation de la masse ; chaque échantillon était ensuite pesé sec. Il était par la suite possible de calculer la biomasse totale du fourrage et la proportion de légumineuses pour chaque parcelle et pour chaque fauche. Un échantillon représentatif de la masse relative de chaque catégorie de plantes de 2 paires de parcelles par champ par fauche fut prélevé, moulu et envoyé à un laboratoire spécialisé pour l'analyse de la teneur en azote (reliée à la teneur en protéines) et en fibres (ADF, NDF).

2.5 Analyses statistiques

Les données d'accumulation de neige, de masse sèche totale du fourrage, de proportion de légumineuses et de teneur en azote et en fibres (ADF et NDF) ont été traitées par analyse de variance (ANOVA) suivant la procédure GLM du logiciel SAS. Lorsque l'épaisseur de la neige était reliée à la variable étudiée, elle était utilisée comme covariable et une analyse de covariance était alors effectuée pour tenir compte de l'effet de l'épaisseur de la neige. Chaque variable a été analysée pour chaque fauche séparément, puisque le nombre de fauches totales variait entre les fermes et entre les années. Le seuil de signification α a été établi à 0,05 pour les analyses statistiques.

3. RÉSULTATS

3.1 Accumulation de neige

Globalement, l'accumulation de neige a été plus importante à l'hiver 2001 qu'à l'hiver 2002 (39,5 cm en moyenne en 2001 par rapport à 24,4 cm en moyenne en 2002 ; $F = 444,87$; $P < 0,001$), et il y avait généralement plus de neige dans les exclos (35,1 cm) que dans les témoins (28,8 cm) ($F = 108,24$; $P < 0,001$; tableaux 1 et 2). De plus, l'accumulation de la neige variait entre les fermes ($F = 4,72$; $P = < 0,001$) et entre les parcelles à l'intérieur du même champ ($F = 2,05$; $P = 0,003$). L'épaisseur de neige a été utilisée comme covariable lorsqu'elle affectait la variable étudiée (rendement total, composition et qualité du fourrage), puisqu'une plus faible accumulation de neige durant un hiver donné peut mettre des portions de champs à la disposition des cerfs lors de redoux ou à la fin de l'hiver. De plus, les exclos pouvaient mener à une plus grande accumulation de neige que les témoins, et ainsi mieux protéger les plantes du gel et permettre une meilleure croissance au printemps suivant.

Tableau 1. Épaisseur de neige (cm) moyenne (moyenne des moindres carrés) par parcelle selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Moyenne neige	Erreur-type (SE)
Exclos	35,1	0,4
Témoin	28,8	0,4
Année		
2001	39,5	0,5
2002	24,4	0,5

Tableau 2. Résultat de l'analyse de variance concernant l'accumulation de neige

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	7	1557,12	222,45	4,72	< 0,001
Erreur: MS(parcelle(ferme))	56	2636,98	47,09		
Parcelle (ferme)	56	2636,98	47,09	2,05	0,003
Traitement	1	2490,63	2490,63	108,24	< 0,001
Erreur : MS(parcelle*traitement(ferme))	63	1449,68	23,01		
Parcelle*traitement (ferme)	63	1449,68	23,01	0,70	0,938
Année	1	14528	14528	444,87	< 0,001
Traitement*année	1	0,61	0,61	0,02	0,892
Erreur : MS (erreur)	126	4114,73	32,66		

3.2 Masse sèche totale produite

Lors de la première fauche, la masse sèche totale du fourrage des parcelles d'exclusion (320 g) était supérieure à celle des parcelles témoins (274 g) ; ($F = 13,87$; $P = <0,001$; tableaux 3 et 4). La perte de rendement équivaut à 568 kg/ha. Le broutement des cerfs aurait donc diminué le rendement de la première récolte de 14 %. La masse sèche du fourrage a diminué de 31 % entre la première fauche de 2001 et celle de 2002, passant de 352g / parcelle en 2001 à 243 g en 2002 ($F = 20,24$; $P < 0,001$). L'épaisseur de la neige a affecté le rendement de la première fauche et a été utilisée comme covariable. Le rendement de la première fauche variait également entre les fermes ($F = 9,90$; $P < 0,001$) et entre les parcelles ($F = 1,68$; $P = 0,022$) à l'intérieur d'un même champ.

Tableau 3. Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la première fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Masse sèche moyenne	Erreur-type (SE)
Exclos	320	8
Témoin	274	7
Année		
2001	352	15
2002	243	11

Tableau 4. Résultat de l'analyse de covariance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la première fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Épaisseur de neige moyenne	1	22128	22128	3,59	0,061
Parcelle*traitement(ferme)	63	259143	4113,39	0,67	0,956
Année	1	124851	124851	20,24	< 0,001
Traitement*année	1	7398,03	7398,03	1,20	0,276
Erreur: MS(erreur)	93	573803	6169,93		
Ferme	7	476475	68068	9,90	< 0,001
Erreur : $0,9148 * MS(\text{parcelle (ferme)}) + 0,0852 * MS(\text{erreur})$	65,382	449656	6877,41		
Parcelle (ferme)	56	388824	6943,29	1,68	0,022
Erreur : $0,9944 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) + 0,0056 * MS(\text{erreur})$	64,074	264307	4125,00		
Traitement	1	69083	69083	13,87	< 0,001
Erreur : $0,5791 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) + 0,4209 * MS(\text{erreur})$	152,48	759217	4979,07		

Lors de la deuxième fauche, la masse sèche totale du fourrage des parcelles d'exclusion était très légèrement supérieure à celle des parcelles témoins avec 187 g dans les exclos par rapport à 172 g dans les témoins ($F = 4,09$; $P = 0,046$), soit une différence de 15 g/parcelle, représentant 185 kg/ha soit 8 % de perte pour cette fauche (tableaux 5 et 6). La masse sèche totale du fourrage a diminué de 46 % entre la deuxième fauche de 2001 et celle de 2002, passant de 234 g/parcelle en 2001 à 126 g en 2002 ($F = 45,13$; $P < 0,001$). L'épaisseur de la neige a affecté le rendement de la deuxième fauche et a été utilisée comme covariable. Le rendement de la deuxième fauche a également varié entre les fermes ($F = 66,99$; $P < 0,001$) et entre les parcelles à l'intérieur d'un même champ ($F = 1,98$; $P = 0,007$).

Tableau 5. Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Masse sèche moyenne	Erreur-type (SE)
Exclos	187	5
Témoin	172	5
<hr/>		
Année		
2001	234	8
2002	126	8

Tableau 6. Résultat de l'analyse de covariance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la deuxième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Épaisseur de neige moyenne	1	3379,61	3379,61	4,67	0,036
Parcelle*traitement(ferme)	55	68650	1248,18	1,73	0,030
Année	1	32629	32629	45,13	< 0,001
Traitement*année	1	74,79	74,79	0,10	0,749
Erreur: MS(erreur)	45	32534	722,97		
Ferme	6	910001	151667	66,99	< 0,001
Erreur : $0,8818 * MS(\text{parcelle (ferme)}) + 0,1182 * MS(\text{erreur})$	52,832	119620	2264,15		
Parcelle (ferme)	49	121071	2470,83	1,98	0,007
Erreur : $1,0018 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) - 0,0018 * MS(\text{erreur})$	54,884	68558	1249,14		
Traitement	1	3848,35	3848,35	4,09	0,046
Erreur : $0,4133 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) + 0,5867 * MS(\text{erreur})$	99,999	94004	940,04		

Lors de la troisième fauche, l'épaisseur de la neige n'affectait pas le rendement. Une analyse de variance a donc été effectuée. La masse sèche totale du fourrage des parcelles d'exclusion (157 g) était supérieure à celle des parcelles témoins (124 g) ($F = 6,71$; $P = 0,014$; tableaux 7 et 8). La perte de rendement équivaut à 407 kg/ha. Le broutement des cerfs aurait donc diminué le rendement de la troisième récolte de 21 %. La masse sèche du fourrage a diminué de 52 % entre la troisième fauche de 2001 et celle de 2002, passant de 190 g/parcelle en 2001 à 91 g en 2002 ($F = 62,64$; $P < 0,001$). Le rendement de la troisième fauche variait également entre les fermes ($F = 9,62$; $P < 0,001$).

Tableau 7. Masse sèche (g) moyenne du fourrage (moyenne des moindres carrés) par parcelle lors de la troisième fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Masse sèche moyenne	Erreur-type (SE)
Exclus	157	10
Témoin	124	10
Année		
2001	190	6
2002	91	12

Tableau 8. Résultat de l'analyse de variance concernant la masse sèche totale du fourrage lors de la troisième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	2	35681	17840	9,62	< 0,001
Erreur: $0,7083 * MS(\text{parcelle (ferme)}) + 0,2917 * MS(\text{erreur})$	24,667	45730	1853,90		
Parcelle (ferme)	17	35619	2095,23	1,64	0,156
Erreur: $1,0317 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) - 0,0317 * MS(\text{erreur})$	17,84	22860	1281,35		
Traitement	1	8554,32	8554,32	6,71	0,014
Erreur: $0,5846 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) + 0,4154 * MS(\text{erreur})$	32,983	42069	1275,48		
Parcelle * traitement (ferme)	19	24338	1280,93	1,01	0,502
Année	1	79421	79421	62,64	< 0,001
Traitement * année	1	327,68	327,68	0,26	0,619
Erreur: MS (erreur)	14	17749	1267,81		

Il est toutefois plus intéressant de calculer la perte de rendement sur une saison complète. Les agriculteurs qui ont participé à l'étude avaient différents régimes de fauches. Nous présentons ici la perte de rendement moyen par année selon le régime de fauches.

Un agriculteur a effectué 3 fauches à chaque année de l'étude. Pour ce type de régime de fauches, il y aurait eu 664 g de fourrage de produits par parcelle d'exclusion pour la saison au complet, et 570 g de produits dans les parcelles témoins. Ceci donne une différence de 94 g par parcelle, ce qui équivaut à 116 g/m², ou 1160 kg/ha ; il s'agit d'une perte de 14 %.

Pour un agriculteur moyen qui a effectué 3 fauches lors de la première année et 2 fauches lors de la seconde (il y avait 2 agriculteurs dans cette situation), 586 g de fourrage auraient été produits dans les parcelles d'exclusion pour toute la saison, comparativement à 508 g/parcelle témoin. La perte encourue se chiffre donc à 78 g/parcelle, ce qui équivaut à 96 g/m² ou 960 kg/ha, représentant 13 % de perte de rendement annuel.

Pour un agriculteur moyen ayant effectué 2 fauches lors des deux années d'étude (3 agriculteurs étaient dans cette situation), les parcelles d'exclusion ont produit 507 g/parcelle, alors que les parcelles témoins en ont produit 446 g/parcelle, menant à une perte de 61 g/parcelle. Ce qui équivaut à 75 g/m² ou à 750 kg/ha, représentant 12 % de perte annuelle.

Finalement, le dernier régime de fauche étudié était de 2 fauches lors de la première année et d'une seule lors de la seconde (2 agriculteurs étaient dans cette situation). Selon ce régime de fauche, les exclos ont produit 414 g/parcelle annuellement en moyenne, alors que les témoins en ont produit 360 g/parcelle. La perte encourue serait de 54 g/parcelle, équivalant à 67 g/m² ou à 670 kg/ha, ce qui représente 13 % de perte de rendement.

3.3 Proportion de légumineuses dans le fourrage

Pour toutes les fauches, l'épaisseur de la neige n'a pas affecté la composition du fourrage. Des analyses de variance ont donc été effectuées. Lors de la première fauche, le traitement n'a pas induit de différence dans la proportion de légumineuses, qui était de 31 % dans les parcelles d'exclusion et les parcelles témoins ($F = 0,01$; $P = 0,928$; tableaux 9 et 10). La proportion de légumineuses lors de la première fauche est toutefois passée de 39 % en 2001 à 23 % en 2002 ($F = 53,53$; $P < 0,001$). La proportion de légumineuses lors de la première fauche variait également entre les fermes ($F = 27,98$; $P < 0,001$) et entre les parcelles à l'intérieur d'un même champ ($F = 1,72$; $P = 0,019$).

Tableau 9. Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Proportion moyenne de légumineuses	Erreur-type (SE)
Exclos	31	1
Témoin	31	1
Année		
2001	39	2
2002	23	1

Tableau 10. Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la première fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	7	6,382	0,912	27,98	< 0,001
Erreur: 0,9579 * MS(parcelle (ferme)) + 0,0421 * MS(erreur)	59,293	1,932	0,033		
Parcelle (ferme)	56	1,851	0,033	1,72	0,019
Erreur : 0,9978 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0022 * MS(erreur)	63,324	1,219	0,019		
Traitement	1	0,00016	0,00016	0,01	0,928
Erreur : 0,8591 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,1409 * MS(erreur)	86,776	1,703	0,020		
Parcelle * traitement (ferme)	63	1,212	0,019	0,88	0,711
Année	1	1,177	1,177	53,53	< 0,001
Traitement * année	1	0,00015	0,00015	0,01	0,934
Erreur : MS (erreur)	94	2,066	0,022		

Lors de la deuxième fauche, le traitement n'a pas produit d'effet sur la proportion de légumineuses dans le fourrage ($F = 0,11$; $P = 0,740$), cette proportion étant de 42 % dans les parcelles d'exclusion par rapport à 43 % dans les parcelles témoins (tableaux 11 et 12), alors que la proportion de légumineuses a diminué de 61 % à 24 % entre la deuxième fauche de 2001 et celle de 2002 ($F = 84,62$; $P < 0,001$). La proportion de légumineuses lors de la deuxième fauche variait également entre les fermes ($F = 23,63$; $P < 0,001$) et entre les parcelles ($F = 2,78$; $P < 0,001$).

Tableau 11. Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Proportion moyenne de légumineuses	Erreur-type (SE)
Exclos	42	1
Témoin	43	1
Année		
2001	61	3
2002	24	3

Tableau 12. Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la deuxième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	6	5,386	0,898	23,63	< 0,001
Erreur : 0,9333 * MS(parcelle (ferme)) + 0,0667 * MS(erreur)	56,261	2,138	0,038		
Parcelle (ferme)	49	1,856	0,038	2,78	< 0,001
Erreur : 1,0073 * MS(parcelle * traitement (ferme)) – 0,0073 * MS(erreur)	52,702	0,718	0,014		
Traitement	1	0,00182	0,00182	0,11	0,740
Erreur : 0,8974 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,1026 * MS(erreur)	85,929	1,414	0,016		
Parcelle * traitement (ferme)	55	0,760	0,014	0,35	0,999
Année	1	3,353	3,353	84,62	< 0,001
Traitement * année	1	0,00094	0,00094	0,02	0,878
Erreur : MS (erreur)	46	1,822	0,040		

Le traitement n'a pas non plus produit d'effet significatif sur la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la troisième fauche, cette proportion étant de 67 % dans les parcelles d'exclusion et de 56 % dans les parcelles témoins ($F = 2,59$; $P = 0,117$; tableaux 13 et 14). La proportion de légumineuses a significativement diminué entre les deux années d'étude, passant de 78 % lors de la troisième fauche de 2001 à 45 % en 2002 ($F = 31,09$; $P < 0,001$). La proportion de légumineuses dans le fourrage de la troisième fauche variait également entre les fermes ($F = 4,47$; $P = 0,022$) et entre les parcelles à l'intérieur d'un même champ ($F = 2,59$; $P = 0,027$).

Tableau 13. Proportion (%) moyenne de légumineuses dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Proportion moyenne de légumineuses	Erreur-type (SE)
Exclos	67	4
Témoin	56	4
<hr/>		
Année		
2001	78	3
2002	45	6

Tableau 14. Résultat de l'analyse de variance concernant la proportion de légumineuses dans le fourrage lors de la troisième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	2	0,406	0,203	4,47	0,022
Erreur : $0,7083 * MS(\text{parcelle (ferme)}) + 0,2917 * MS(\text{erreur})$	23,776	1,080	0,045		
Parcelle (ferme)	17	0,897	0,053	2,59	0,027
Erreur : $1,0317 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) - 0,0317 * MS(\text{erreur})$	17,425	0,354	0,020		
Traitement	1	0,06090	0,06090	2,59	0,117
Erreur : $0,5846 * MS(\text{parcelle} * \text{traitement (ferme)}) + 0,4154 * MS(\text{erreur})$	32,455	0,762	0,023		
Parcelle * traitement (ferme)	19	0,391	0,021	0,74	0,730
Année	1	0,858	0,858	31,09	< 0,001
Traitement * année	1	0,00001	0,00001	<0,01	0,983
Erreur : MS (erreur)	14	0,386	0,028		

3.4 Teneur en azote et en fibres

L'accumulation de neige n'a pas affecté la qualité du fourrage. Elle n'a donc pas été retenue comme covariable, et des analyses de variances ont été effectuées pour l'analyse de la qualité du fourrage. Le traitement n'a pas affecté la teneur en azote lors de la première fauche (2,43 % dans les parcelles d'exclusion et 2,40 % dans les parcelles témoins ; $F = 0,33$; $P = 0,572$; tableaux 15 et 16). La teneur en azote a toutefois augmenté entre la première fauche de 2001 et celle de 2002 (2,22 % en 2001 et 2,62 % en 2002 ; $F = 14,59$; $P = 0,003$). La teneur en azote lors de la première fauche a également varié entre les fermes ($F = 37,20$; $P < 0,001$).

Tableau 15. Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclus et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en azote	Erreur-type (SE)
Exclus	2,43	0,04
Témoin	2,40	0,04
Année		
2001	2,22	0,07
2002	2,62	0,06

Tableau 16. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la première fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	7	17,989	2,570	37,20	< 0,001
Erreur : 1,0445 * MS(parcelle (ferme)) – 0,0445 * MS(erreur)	14,687	1,015	0,069		
Parcelle (ferme)	16	1,103	0,069	1,51	0,169
Erreur : 0,9461 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0539 * MS(erreur)	26,598	1,216	0,046		
Traitement	1	0,015	0,015	0,33	0,572
Erreur : 0,9241 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0759 * MS(erreur)	27,97	1,292	0,046		
Parcelle * traitement (ferme)	23	1,025	0,045	0,68	0,789
Année	1	0,960	0,960	14,59	0,003
Traitement * année	1	0,011	0,011	0,17	0,688
Erreur : MS (erreur)	10	0,658	0,066		

Le traitement n'a pas non plus produit d'effet sur la teneur en azote lors de la deuxième fauche (2,50 % dans les exclos et 2,37 % dans les témoins ; $F = 3,30$; $P = 0,079$; tableaux 17 et 18). La teneur n'a pas non plus varié entre les années pour la deuxième fauche (2,50 % en 2001 et 2,38 % en 2002 ; $F = 1,90$; $P = 0,178$). La teneur en azote a toutefois varié entre les fermes ($F = 34,30$; $P < 0,001$). Il n'a pas été possible de tester les mêmes combinaisons de facteurs dans cette analyse de variance que dans les analyses précédentes dû à un plus petit effectif.

Tableau 17. Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en azote	Erreur-type (SE)
Exclos	2,50	0,05
Témoin	2,37	0,05
Année		
2001	2,50	0,06
2002	2,38	0,06

Tableau 18. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la deuxième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	6	10,146	1,691	34,30	< 0,001
Traitement	1	0,163	0,163	3,30	0,079
Année	1	0,094	0,094	1,90	0,178
Traitement * année	1	0,002	0,002	0,04	0,849

Lors de la troisième fauche, il n'y a pas non plus eu de différence entre la teneur en azote des parcelles d'exclusion et des parcelles témoins (3,27 % dans les exclos et 3,42 % dans les témoins ; $F = 2,45$; $P = 0,148$; tableaux 19 et 20). La teneur en azote a toutefois augmenté entre la troisième fauche de 2001 (3,09 %) et celle de 2002 (3,60 % ; $F = 19,97$; $P = 0,001$). La teneur en azote variait également entre les fermes ($F = 27,30$; $P < 0,001$).

Tableau 19. Teneur en azote (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en azote	Erreur-type (SE)
Exclos	3,27	0,07
Témoin	3,41	0,07
Année		
2001	3,09	0,05
2002	3,60	0,10

Tableau 20. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en azote dans le fourrage lors de la troisième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	2	1,437	0,718	27,30	< 0,001
Traitement	1	0,065	0,065	2,45	0,148
Année	1	0,525	0,525	19,97	0,001
Traitement * année	1	0,085	0,085	3,23	0,103

La teneur en fibres ADF lors de la première fauche n'a pas été affectée par le traitement (30,0 % dans les parcelles d'exclusion et 29,7 % dans les parcelles témoins ; $F = 0,76$; $P = 0,391$; tableaux 21 et 22). Elle a cependant diminué entre les premières fauches de 2001 et de 2002 (32,1 % en 2001 et 27,5 % en 2002 ; $F = 10,78$; $P = 0,008$). La teneur en fibres ADF a également varié entre les fermes ($F = 7,54$; $P = 0,001$) et entre les parcelles à l'intérieur d'un même champ ($F = 2,96$; $P = 0,004$).

Tableau 21. Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres ADF	Erreur-type (SE)
Exclos	30,0	0,3
Témoin	29,7	0,3
Année		
2001	32,1	0,9
2002	27,5	0,8

Tableau 22. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la première fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	7	376,72	53,82	7,54	< 0,001
Erreur : 1,0445 * MS(parcelle (ferme)) – 0,0445 * MS(erreur)	13,80	98,49	7,14		
Parcelle (ferme)	16	117,26	7,33	2,96	0,004
Erreur : 0,9461 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0539 * MS(erreur)	32,63	80,69	2,47		
Traitement	1	2,03	2,03	0,76	0,390
Erreur : 0,9241 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0759 * MS(erreur)	32,89	88,36	2,69		
Parcelle * traitement (ferme)	23	44,83	1,95	0,17	0,999
Année	1	125,72	125,72	10,78	0,008
Traitement * année	1	0,011	0,011	0,17	0,688
Erreur : MS (erreur)	10	116,64	11,66		

Lors de la deuxième fauche, la teneur en fibres ADF n'a pas été influencée par le traitement ($F = 0,28$; $P = 0,599$; tableaux 23 et 24), ni par l'année ($F = 0,00$; $P = 0,959$). Elle a cependant varié entre les fermes ($F = 15,25$; $P < 0,001$).

Tableau 23. Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres ADF	Erreur-type (SE)
Exclos	27,1	0,4
Témoin	27,5	0,4
Année		
2001	27,3	0,5
2002	27,3	0,5

Tableau 24. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la deuxième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	6	334,96	55,83	15,25	< 0,001
Traitement	1	1,04	1,04	0,28	0,599
Année	1	0,01	0,01	<0,01	0,959
Traitement * année	1	<0,01	<0,01	<0,01	0,999

Lors de la troisième fauche, la teneur en fibres ADF n'a pas non plus été influencée par le traitement ($F = 1,33$; $P = 0,275$) (tableaux 25 et 26). Elle a cependant diminué entre la troisième fauche de 2001 (31 %) et celles de 2002 (23 % ; $F = 6,78$; $P = 0,026$).

Tableau 25. Teneur en fibres ADF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres ADF	Erreur-type (SE)
Exclos	28	2
Témoin	26	2
Année		
2001	31	1
2002	23	3

Tableau 26. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres ADF dans le fourrage lors de la troisième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	2	14,96	7,48	0,47	0,638
Traitement	1	21,20	21,20	1,33	0,275
Année	1	107,97	107,97	6,78	0,026
Traitement * année	1	1,29	1,29	0,08	0,781

La teneur en fibres NDF du fourrage de la première fauche n'a pas été affectée par le traitement (47,7 % dans les exclos et 48,1 % dans les témoins ; $F = 0,32$; $P = 0,575$; tableaux 27 et 28). La teneur en fibres NDF a toutefois diminué entre la première fauche de 2001 (50 %) et celle de 2002 (45,5 % ; $F = 1,90$; $P = 0,008$). La teneur en fibres NDF a également varié entre les fermes ($F = 18,03$; $P < 0,001$) et entre les parcelles à l'intérieur d'un même champ ($F = 2,56$; $P = 0,015$).

Tableau 27. Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la première fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres NDF	Erreur-type (SE)
Exclos	47,7	0,5
Témoin	48,1	0,5
Année		
2001	50	1
2002	45,5	0,8

Tableau 28. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la première fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	7	2519,09	359,87	18,03	< 0,001
Erreur : 1,0445 * MS(parcelle (ferme)) – 0,0445 * MS(erreur)	15,07	300,78	19,96		
Parcelle (ferme)	16	314,80	19,67	2,56	0,015
Erreur : 0,9461 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0539 * MS(erreur)	27,31	210,02	7,69		
Traitement	1	2,52	2,52	0,32	0,575
Erreur : 0,9241 * MS(parcelle * traitement (ferme)) + 0,0759 * MS(erreur)	28,87	225,78	7,82		
Parcelle * traitement (ferme)	23	169,48	7,37	0,55	0,884
Année	1	145,14	145,14	10,90	0,008
Traitement * année	1	1,19	1,19	0,09	0,771
Erreur : MS (erreur)	10	133,17	13,32		

Lors de la deuxième fauche, le traitement n'a pas influencé la teneur en fibres NDF (43,0 % dans les exclos et 43,1 % dans les témoins ; $F = 0,01$; $P = 0,911$; tableaux 29 et 30). La teneur en fibres NDF a toutefois augmenté entre les deuxièmes fauches des deux années (40 % en 2001 et 46 % en 2002 ; $F = 17,84$; $P < 0,001$) et la teneur variait également entre les fermes ($F = 9,26$; $P < 0,001$).

Tableau 29. Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la deuxième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres NDF	Erreur-type (SE)
Exclos	43,0	0,9
Témoin	43,1	0,9
Année		
2001	40	1
2002	46	1

Tableau 30. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la deuxième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	6	774,51	129,09	9,26	< 0,001
Traitement	1	0,18	0,18	0,01	0,911
Année	1	248,78	248,78	17,84	0,000
Traitement * année	1	0,05	0,05	<0,01	0,952

Finalement, il n'y eut pas d'influence du traitement (37 % dans les exclos et 34 % dans les témoins ; $F = 4,53$; $P = 0,059$; tableaux 31 et 32) ni de l'année (37,0 % en 2001 et 35 % en 2002 ; $F = 1,58$; $P = 0,237$) en ce qui a trait à la teneur en fibres NDF lors de la troisième fauche. La teneur de ce type de fibres varia toutefois entre les fermes ($F = 4,85$; $P = 0,034$).

Tableau 31. Teneur en fibres NDF (%) dans le fourrage (moyenne des moindres carrés) lors de la troisième fauche selon le traitement (exclos et témoin) et l'année (2001 et 2002)

Traitement	Teneur en fibres NDF	Erreur-type (SE)
Exclos	37	1
Témoin	34	1
Année		
2001	37,0	0,7
2002	35	2

Tableau 32. Résultat de l'analyse de variance concernant la teneur en fibres NDF dans le fourrage lors de la troisième fauche

Source	D.L.	Type III SS	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Ferme	2	61,35	30,67	4,85	0,034
Traitement	1	28,63	28,63	4,53	0,059
Année	1	10,01	10,01	1,58	0,237
Traitement * année	1	17,51	17,51	2,77	0,127

4. DISCUSSION

4.1 Accumulation de neige

Une accumulation de neige plus importante a été enregistrée sur les parcelles d'exclusion que sur les parcelles témoins, et s'est traduite par une plus grande production de foin dans les parcelles d'exclusion, lors des première et deuxième fauches. L'effet ne se faisait plus sentir lors de la troisième fauche. Une plus grande accumulation de neige peut mieux protéger les plants du gel et ainsi permettre une meilleure croissance au printemps suivant. L'accumulation de neige fut donc utilisée comme covariable dans l'analyse de la masse sèche totale du fourrage, afin de tenir compte de son effet sur la production de fourrage. Aucun effet de cette différence d'accumulation de neige ne s'est fait sentir sur la proportion de légumineuses dans le foin, ni sur la teneur en azote et en fibres.

4.2 Masse sèche totale produite

Une différence significative a été mesurée entre la production totale des parcelles d'exclusion et celle des parcelles témoins, lors des première, deuxième et troisième fauches. La perte la plus significative fut mesurée lors de la première fauche alors que 14,5 % de perte fut constatée, la seconde en signification fut mesurée lors de la troisième fauche alors que nous avons mesuré 20,7 % de perte, et la perte la moins significative et la plus faible fut mesurée lors de la deuxième fauche, avec 8,2 % de perte. La perte de la troisième fauche apparaît plus importante du fait qu'une seule ferme a effectué 3 fauches lors des deux années de l'étude et que cette ferme a subi plus de dommages que les autres, également pour les deux premières fauches de 2001. De plus, il s'agissait d'une des deux prairies de luzerne. Palmer et collaborateurs (1982) ont mesuré des pertes comparables dans des prairies de luzerne en Pennsylvanie avec 9 à 33 % de perte par fauche due au broutement du cerf de Virginie. Austin et Urness (1993), pour leur part, ont mesuré des pertes de 5 à 24 % par fauche dans des prairies de luzerne broutées par le cerf mulet (*Odocoileus hemionus*) en Utah.

Nous préférons toutefois calculer la perte de rendement sur la saison au complet, puisqu'une perte lors d'une fauche donnée peut être récupérée lors des fauches subséquentes. À ce titre, selon le régime de fauche utilisé, les pertes encourues lors de la présente étude seraient de l'ordre de 12 à 14 %.

La masse totale du fourrage a diminué entre la première et la deuxième année de l'étude. Le temps très sec à l'été 2002 peut en partie expliquer cette plus faible production. La masse totale a également semblé diminuer de la première à la troisième fauche pour une même année (la diversité de régimes de fauches n'a pas permis de tester statistiquement cette observation). La

masse produite était distribuée de façon hétérogène dans une prairie lors des deux premières fauches, et elle variait également entre les fermes, et ce pour toutes les fauches.

Les dommages à la production apparaissent significatifs lorsque toutes les fermes sont considérées, mais ne le sont pas dans toutes les fermes prises une à une (Richer et al. 2002 ; annexe 1). En effet, l'application de tests de Students pairés a permis de montrer des dommages significatifs dans 2 fermes sur 7 (Bourrassa et Leclerc) lors de la première fauche de 2001, dans 1 ferme sur 8 (Bourrassa) lors de la deuxième fauche de 2001, et dans 1 ferme sur 3 (Bourrassa) lors de la troisième fauche de la même année. En 2002, cinq fermes sur huit (French, Gilbert, Leclerc, Rousseau et St-Onge) ont subi des dommages significatifs lors de la première fauche, et aucune lors des deuxième et troisième fauches de cette année. Il faut toutefois noter que trois des cinq prairies ayant subi des dommages lors de la première fauche de l'été 2002 avaient fait paître leurs vaches dans les prairies à l'étude à l'automne précédent, alors que le dispositif était en place. Il n'est donc pas possible de déterminer si les dommages sont attribuables aux vaches ou aux cerfs pour cette fauche. Par ailleurs, ce type d'analyse ne tenait pas compte de l'effet de la neige. Il permet tout de même d'observer que les dommages ne sont pas uniformes d'une prairie à l'autre, ni présents dans toutes les prairies à risque. Une prairie n'est pas non plus affectée à toutes les années.

4.3 Proportion de légumineuses dans le fourrage

Il n'y a eu aucun effet du broutement des cerfs sur cette variable. La proportion de légumineuses dans le fourrage a cependant diminué significativement d'une année à l'autre, mais semblait augmenter d'une fauche à l'autre, à l'intérieur d'une même année. Palmer et collaborateurs (1982) ont observé une diminution de l'importance de la luzerne dans les parties de champs les plus endommagées par les cerfs, au profit des graminées. Ils ne présentent toutefois aucun résultat à ce sujet. Leur étude a toutefois eu lieu dans un secteur où les densités de cerfs en été sont de près de 11 cerfs/km² d'habitat en été.

4.4 Teneur en azote et en fibres

La teneur en azote (reliée à la teneur en protéines) du fourrage n'a pas été affectée par le broutement des cerfs. Par ailleurs, le fourrage était composé de plus d'azote lors de la deuxième année de l'étude pour les première et troisième fauches. À l'intérieur d'une même année, la teneur en azote était semblable pour les première et deuxième fauches, et le foin était composé d'environ 1 % de plus d'azote lors de la troisième fauche.

La teneur en fibres ADF n'a pas été affectée par le broutement des cerfs, mais a diminué avec les années lors des première et troisième fauches. À l'intérieur d'une même année, la teneur en fibres ADF était plus élevée en début de saison.

Finalement, la teneur en fibres NDF n'a pas non plus été affectée par le broutement des cerfs, mais a diminué avec les années lors de la première fauche seulement. À l'intérieur d'une même année, l'importance de ce type de fibres a augmenté entre la première et la deuxième fauche.

La qualité du fourrage n'a pas non plus été affectée lors de l'étude de Hall et Stout (1999) effectuée dans des prairies de luzerne pures et associées à de la fléole des prés ou à du dactyle pelotonné.

5. CONCLUSION

Si nous considérons que les différences de rendement observées entre les parcelles d'exclusion et les parcelles témoins sont dues exclusivement au broutement par le cerf de Virginie et à l'accumulation différentielle de neige, la présente étude montre que le broutement par le cerf de Virginie en dehors de la saison de croissance des végétaux (octobre à mai), dans de jeunes prairies de légumineuses bordées d'un boisé et situées à l'intérieur ou à proximité d'un ravage de cerfs de Virginie, peut entraîner une perte de rendement en terme de masse sèche totale produite, lors des récoltes de l'été qui suit. Les pertes encourues peuvent être de l'ordre de 12 à 14 % pour la saison complète, selon le régime de récoltes utilisé. Des dommages n'ont toutefois pas été détectés dans toutes les prairies à l'étude, et ne seraient donc pas présents dans toutes les prairies à risque (i.e. bordées de boisé et à proximité d'un ravage). Le broutement n'affecte nullement la proportion de légumineuses dans le foin, ni la teneur de ce foin en azote (protéines) et en fibres.

6. REMERCIEMENTS

Le ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (région de l'Estrie), l'Union des producteurs agricoles (Fédération de l'Estrie) et la Société de la faune et des parcs du Québec (Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie) ont financé ce projet de recherche.

Nous désirons remercier M. Michel Perron, agronome au MAPAQ, pour sa collaboration à la préparation du protocole. Ce projet n'aurait pu être réalisé sans l'aide indispensable et non comptabilisée des techniciens, biologistes et stagiaires de la Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie (FAPAQ). Merci également à la Direction de la protection de la faune de l'Estrie (FAPAQ) pour le prêt du détecteur de métal. Guillaume Dostie, Jeanne-Adèle Maltais, Claude Daigle, Emmanuel Guay, Rachel Gauci et Concha Azorit Casas, ainsi que de nombreux techniciens, biologistes et stagiaires de la FAPAQ ont assisté Marie-Claude Richer dans la réalisation des travaux de terrain. Les analyses d'azote ont été effectuées par M. Jean Martin, du Département de Phytologie de l'Université Laval (UL), alors que les analyses de fibres ont été réalisées par M. André Roy du Département des Sciences animales (UL). Mme Hélène Crépeau, du Service de consultation statistique (UL), nous a conseillé lors du traitement statistique compliqué par les données manquantes et l'effet de la couverture de neige.

Finalement, nous aimerions remercier les producteurs agricoles qui ont collaboré au projet de recherche en nous laissant utiliser leur prairie et en participant à la logistique.

RÉFÉRENCES

- ALVERSON, W.S., D.M. WALLER et S.L. SOLHEIM. 1988. Forests too deer: edge effects in northern Wisconsin. *Cons. Biol.* 2: 348-358.
- AUSTIN, D.D. et P.J. URNESS. 1993. Evaluating production losses from mule deer depredation in alfalfa fields. *Wildl. Soc. Bull.* 21: 397-401.
- BALGOOYEN C.P. et D.M. WALLER. 1995. The use of *Clintonia borealis* and other indicators to gauge impacts of white-tailed deer on plant communities in northern Wisconsin. *Nat. Areas J.* 15: 308-318.
- CRÊTE, M. et C. DAIGLE. 1999. Management of indigenous North American deer at the end of the 20th century in relation to large predators and primary production. *Acta Veterinaria Hungarica* 47: 1-16.
- DAVIDSON, J.L. et F.L. MILTHORPE. 1966. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Ann. Bot.* 30: 185-198.
- DUMONT, A., J.P. OUELLET, M. CRÊTE et J. HUOT. 1998. Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite nord de son aire de répartition. *Can. J. Zool.* 76: 1024-1036.
- ELLINGWOOD, M.R. et S.L. CATURANO. 1988. An evaluation of deer management options. Connecticut Dept. of Environmental Protection, Wildlife Bureau.
- FRANKOW-LINDBERG, B.E. 1997. Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation. *Ann. Bot.* 79: 83-87.
- FRONTIER, S. 1983. *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Masson, Paris.
- GOSSELIN, M.J. 1995. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 1995-1999, zone 6. *Min. Env. Faune, rap.* 94-2502-6-11.
- HALL, M.H. et R.C. STOUT. 1999. Deer damage to alfalfa and mixtures with timothy or orchardgrass. *J. Range Manage.* 52: 515-518.
- HULME, P.E. 1996. Herbivores and the performance of grassland plants: a comparison of arthropod, mollusc and rodent herbivory. *J. Ecol.* 84: 43-51.
- MARQUIS, D.A. 1981. Effect of deer browsing on timber production in Allegheny hardwood forests of northwestern Pennsylvania. U.S. Forest Serv., Res. Paper NE-475.
- MCCABE, R.E. et T.R. MCCABE. 1984. Of slings and arrows: an historical retrospective. In *White-tailed deer ecology and management*. Halls L.K. et C. House éd. Stackpole Books, Harrisburg, PA, pp.19-72.
- MCCAFFERY, K.R., J. TRANETZKI et J. PIECHURA. 1974. Summer foods of deer in northern Wisconsin. *J. Wildl. Manage.* 38 : 215-219.
- MILLER, S.G., S.P. BRATTON et J. HADIDIAN. 1992. Impacts of white-tailed deer on endangered and threatened vascular plants. *Nat. Areas J.* 12: 67-74.
-

- PALMER, W.L., G.M. KELLEY et J.L. GEORGE. 1982. Alfalfa losses to white-tailed deer. *Wildl. Soc. Bull.* 10: 259-261.
- POTVIN, F., J. HUOT et F. DUCHESNEAU. 1981. Deer mortality in Pohénégamook wintering area, Québec. *Can. Field-Nat.* 95: 81-84.
- PRIGGE, E.C., W.B. BRYAN et E.S. GOLDMAN-INNIS. 1999. Early- and late-season grazing of orchardgrass and fescue hayfields overseeded with red clover. *Agron. J.* 91: 690-696.
- RICHER, M.-C., J.-P. OUELLET, L. LAPOINTE, M. CRÊTE et J. HUOT. 2002. Impact du broutement du cerf de Virginie durant la période de dormance sur la production de foin de légumineuses dans la région de l'Estrie. Rapport préliminaire. 12p.
- ROULEAU, I., M. CRÊTE et J.-P. OUELLET. 2002. Contrasting the summer ecology of white-tailed deer inhabiting a forested and an agricultural landscape. *Écoscience* 9 (4) : 459-469.
- SKINNER, W.R. et E.S. TELFER. 1974. Spring, summer, and fall foods of deer in New Brunswick. *J. Wildl. Manage.* 38 : 210-214.
- TERRIEN, H.P. et D. SMITH. 1960. The association of flowering habit with winter survival in red and alsike clover during the seedling year of growth. *Can. J. Plant Sci.* 40: 335-344.
- TILGHMAN, N.G. 1989. Impacts of white-tailed deer on forest regeneration in Northwestern Pennsylvania. *J. Wildl. Manage.* 53: 524-532.
-

Annexe 1 Masse sèche (g) du fourrage mesurée dans chacune des prairies à l'étude, à chacune des fauches des étés 2001 et 2002 (Richer et al. 2002)

Ferme	Date	Exclo			Témoin			Différence			Test de t pairé		
		moyenne	SE	n	moyenne	SE	n	moyenne	SE	n	t	P	d.l.
Bourassa	6/7/01	359.35	27.04	7	261.95	21.80	7	97.40	25.30	7	3.849	0.008	6 *
Demers	6/8/01	372.87	20.12	5	369.53	20.72	5	3.34	11.96	5	0.279	0.794	4
French	6/13/01	404.71	15.46	4	372.15	24.93	4	32.56	12.06	4	2.699	0.074	3
Gilbert	-	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Leclerc	6/12/01	398.60	23.78	8	302.31	14.53	8	96.29	17.27	8	5.575	0.001	7 *
Morneau	6/11/01	415.22	33.96	8	374.50	26.22	8	40.72	32.24	8	1.263	0.247	7
Rousseau	6/14/01	326.37	22.79	8	357.56	34.50	8	-31.19	38.43	8	-0.812	0.444	7
St-Onge	6/14/01	515.34	32.05	8	422.76	37.77	8	92.58	46.19	8	2.004	0.085	7
Moyenne		400.89	13.17	48	350.56	12.58	48	50.33	13.67	48			
Bourassa	7/16/01	251.91	21.49	8	211.92	17.14	8	39.99	15.38	8	2.600	0.035	7 *
Demers	7/18/01	282.62	17.67	8	249.70	11.42	8	32.93	24.37	8	1.351	0.219	7
French	7/24/01	197.09	11.69	8	198.14	16.19	8	-1.05	16.85	8	-0.063	0.952	7
Gilbert	7/24/01	351.37	43.02	3	280.30	15.63	3	71.07	54.06	3	1.315	0.319	2
Leclerc	8/20/01	167.13	3.86	8	158.10	13.28	8	9.03	13.11	8	0.689	0.513	7
Morneau	7/23/01	158.76	14.88	8	169.76	13.81	8	-11.00	11.17	8	-0.985	0.357	7
Rousseau	9/10/01	163.37	19.82	8	188.87	26.13	8	-25.50	22.50	8	-1.133	0.294	7
St-Onge	8/21/01	100.25	9.00	8	104.25	10.44	8	-3.99	11.52	8	-0.347	0.739	7
Moyenne		157.00	10.24	59	187.91	8.24	59	9.09	7.07	59			
Bourassa	8/28/01	198.73	16.61	8	156.51	17.88	8	42.22	14.79	8	2.854	0.025	7 *
Demers	9/11/01	174.26	14.79	8	137.52	7.85	8	36.74	19.27	8	1.906	0.098	7
Gilbert	9/24/01	256.15	15.56	4	218.59	18.87	4	37.56	19.19	4	1.957	0.145	3
Moyenne		200.43	11.30	20	161.33	10.70	20	39.09	9.95	20			
Bourassa	6/3/02	203.99	32.72	8	210.53	33.46	8	-6.55	32.62	8	-0.201	0.847	7
Demers	6/4/02	202.16	27.92	8	156.14	22.76	8	46.02	24.77	8	1.858	0.106	7
French	6/10/02	244.47	23.70	8	174.14	27.75	8	70.33	23.85	8	2.948	0.021	7 *
Gilbert	6/10/02	275.65	22.37	8	189.33	13.40	8	86.33	17.97	8	4.803	0.002	7 *
Leclerc	6/10/02	247.41	15.45	8	95.88	22.38	8	151.53	30.66	8	4.943	0.002	7 *
Morneau	6/12/02	421.97	24.35	8	352.56	20.29	8	69.42	36.89	8	1.882	0.102	7
Rousseau	6/12/02	228.17	14.41	8	157.64	11.09	8	70.53	12.67	8	5.568	0.001	7 *
St-Onge	6/12/02	281.10	10.54	8	172.92	9.25	8	108.18	13.82	8	7.829	<0.001	7 *
Moyenne		263.12	11.20	64	188.64	11.30	64	74.47	10.08	64			
Bourassa	7/16/02	272.42	22.72	8	261.67	15.64	8	10.75	22.78	8	0.472	0.651	7
Demers	7/31/02	284.34	15.64	8	249.91	14.81	8	34.44	17.15	8	2.008	0.085	7
French	8/13/02	96.88	8.31	8	101.29	14.53	8	-4.41	18.28	8	-0.241	0.816	7
Gilbert	7/31/02	316.03	19.28	8	289.42	13.30	8	26.61	22.29	8	1.194	0.271	7
Morneau	8/12/02	103.48	5.86	8	103.12	9.35	8	0.36	10.91	8	0.033	0.974	7
St-Onge	8/12/02	34.12	3.87	8	36.67	3.56	8	-2.56	5.37	8	-0.475	0.649	7
Moyenne		184.54	16.91	48	173.68	14.90	48	10.87	7.01	48			
Bourassa	8/12/02	92.68	15.68	8	63.28	11.66	8	29.41	19.03	8	1.550	0.083	7

* Différence significative P < 0.05