

Effets de traitement par trouées sur l'abri, la nourriture et l'utilisation par les cerfs de Virginie et évolution de la végétation dans les ravages des Laurentides

Rapport technique préparé par:

Marie-Ève Roy, M.Sc.
Frédéric Doyon, ing.f., Ph.D.



ISFORT

Institut des Sciences
de la Forêt tempérée

Pour



Scierie Carrière

Septembre 2012

Équipe de rédaction :

Marie-Ève Roy, M.Sc.
Olivia Marios, Stagiaire
Frédéric Doyon
Julie Poirier

Équipe technique et terrain :

Régis Pouliot, technicien ISFORT
Srdjan Ostojic, ing.f.
Jean-Pascal Trudeau, technicien MRN
Olivia Marois, Stagiaire
Marie-Eve Roy, M.Sc.

Coordonnateur scientifique :

Frédéric Doyon ing.f.,Ph.D.

Institut des Sciences de la Forêt tempérée
58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0
Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588
Courriel : marie-eve.roy@uqo.ca
Site internet : www.iqaff.qc.ca

Université du Québec en Outaouais
283, boulevard Alexandre-Taché, Gatineau, Québec, J9A 1L8

Remerciements

Nous souhaitons remercier les membres du MRN des Laurentides qui nous ont guidés et conseillés dans la présente étude. Nous remercions particulièrement M. Jean-Pascal Trudeau, technicien au MRN de Mont-Laurier, qui nous a renseigné sur la dynamique qu'il avait observée, qui nous a guidé dans la sélection des sites, et qui a participé aux travaux de prise de données. Nous remercions également le programme PMVRMF Volet I du MRNF pour l'apport financier apporté. Finalement, nous remercions grandement nos techniciens et analystes, Régis Pouliot et Sdjan Ostojic, ainsi que notre stagiaire, Olivia Marois, pour leur participation dans la réalisation des inventaires, des analyses et de la rédaction.

Citation suggérée :

Roy, M-E. et F. Doyon. 2012. Étude des effets de traitement par trouées sur l'abri, la nourriture et l'utilisation par les cerfs de Virginie et évolution de la végétation dans les ravages des Laurentides. Institut des Sciences de la Forêt tempérée. Ripon, Qc. Rapport technique. p.72

Résumé

Au cours des 40 dernières années, plusieurs perturbations ont été recensées dans les ravages des Laurentides. Ces perturbations ont notamment diminué la quantité d'abri, au profit entre autres de zones de nourriture-abri et de nourriture. La diminution d'abri a rendu cette composante importante de l'habitat du cerf de Virginie déficitaire dans presque tous les ravages étudiés. Aucune perturbation anthropique ou naturelle ne semble pouvoir pallier à cette perte. Le brout par les populations croissantes de cerf de Virginie durant cette période a aussi probablement causé des pertes importantes de régénération résineuse, celle-ci étant plus vulnérable que la plupart des essences feuillues. La quantité de tiges feuillues est assez dense pour perpétuer la composante feuillue dans les peuplements d'avenir. Le brout par le cerf ne semble pas menacer la survie de cette composante feuillue. De plus, la quantité de tige et de ramilles nous montre que la nourriture est assez abondante pour le cerf de Virginie dans les ravages à l'étude, soit plus de 1 tiges/m², peu importe les ravages et les traitements. Cependant, la faible densité des essences résineuses, occupant moins de 3% des tiges, laisse entrevoir des problématiques de recrutement d'abri. De plus, le pourcentage de tiges broutées (56% dans les trouées et 71% en sous-couvert forestier) et l'intensité du brout sur les ramilles résineuses par les cerfs pourraient nuire grandement à la survie ou la croissance de ces espèces. Les cerfs fréquentent moins les trouées que le sous-couvert forestier en hiver. L'effet des trouées présent dans les différents ravages montre les mêmes tendances, soit plus de neige et de plus faible indice de présence de cerf dans les trouées, comparativement au sous-couvert forestier. Le pourcentage de brout des feuillues et des arbustes est aussi plus faible dans les trouées. On observe que la quantité de nourriture est plus élevée dans les trouées que sous couvert forestier, due entre autres aux arbustes (ni feuillus, ni résineux), à l'érable rouge et aux bouleaux jaunes. Cependant, dans le ravage du Lac 31 Milles, où la quantité de nourriture est la plus faible, on n'observe pas cette même augmentation dans les trouées. Enfin, la régénération résineuse n'est pas significativement augmentée dans les trouées, comparativement au sous-couvert forestier. La position dans la trouée n'influence pas la densité de la régénération, bien qu'elle influence la quantité de neige. L'effet des arbres de pourtour de la trouée et des arbres qui constituent le couvert forestier sont importants afin de prévoir la régénération du sous-couvert ou de la trouée. À la lumière de ces résultats, les coupes par trouées ne semblent pas une solution adéquate pour répondre aux problématiques actuelles rencontrées dans les ravages de cerf de Virginie des Laurentides.

Table des matières

Remerciements.....	2
Résumé	3
Table des matières.....	4
1 Introduction.....	8
1.1 L'historique et les perturbations dans les ravages des Laurentides.....	8
1.2 L'habitat du cerf de Virginie.....	9
1.3 L'effet des cerfs de Virginie sur l'habitat.....	10
1.4 Traitements effectués pour maintenir l'habitat; coupe par trouées.....	10
1.5 Les objectifs de la présente étude :.....	12
2 Méthodologie.....	12
2.1 Description de la zone d'étude.....	12
2.2 Évolution de la végétation et effets des perturbations dans les ravages.....	17
2.3 Effets de traitement par trouées sur l'abri et la nourriture.....	19
2.4 Effet de traitement par trouées sur l'utilisation par les cerfs de Virginie en hiver (quantité de neige et piste).....	23
3 Résultats.....	24
3.1 Évolution de la végétation dans les ravages.....	24
3.2 Effets de traitement par trouées sur l'abri, la nourriture et l'utilisation par les cerfs de Virginie.....	30
3.2.1. Effets de traitement par trouées sur la régénération.....	30
3.2.2. Effet de traitement par trouées sur le brouet.....	39
3.2.3. Effet de traitement par trouées sur l'utilisation par les cerfs de Virginie en hiver (épaisseur de neige, crottin et piste).....	47
4 Discussion.....	52
4.1 Perte d'abri dans le passé et manque d'abri au présent.....	52
4.2 Problématiques à prévoir pour le futur.....	53
4.3 L'effet des coupes par trouées, pour les différents ravages.....	56
4.4 Outil d'aide à la décision pour assurer le maintien à long terme de la qualité de l'habitat 59	
5 Conclusion.....	62
6 Références.....	63
7 Annexes.....	66

Liste des Figures

Figure 1. Représentation schématique d'une placette « trouée » et de la placette « forêt » associée.	20
Figure 2. Représentation schématique d'une placette et ses 5 microplacettes.	20
Figure 3. Proportion des différents types de potentiel d'habitats pour le cerf de Virginie au 1 ^{er} (à gauche) et au 4 ^{ème} (à droite) inventaires forestiers décennaux.	25
Figure 4. Proportion de l'habitat abri dans les différents ravages selon les données des 1 ^{er} et 4 ^{ème} inventaires forestiers.	26
Figure 5. Évolution de la superficie en A) abri (%), B) nourriture (%), C) nourriture-abri (%) et D) peu utilisé (%) entre les différents inventaires forestiers décennaux pour les différents ravages. Note que les absences (0) sont des données non-complète... ..	30
Figure 6. Densité moyenne des tiges (au total, pour les arbustes, pour les feuillus et pour les résineux) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	31
Figure 7. Densité moyenne des tiges pour les essences les plus denses d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)), de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	32
Figure 8. Pourcentage de la densité totale des tiges (par catégorie) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	32
Figure 9. Pourcentage de la densité totale des tiges pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et C) de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	33
Figure 10. Densité moyenne des tiges en fonction des ravages et des traitements (des lettres différentes représentent des densités significativement différentes).....	35
Figure 11. Densité moyenne des tiges par catégorie (arbustes, feuillues et résineux) en fonction des ravages et des traitements.....	35
Figure 13. Densité moyenne des tiges au totale et par catégories (arbustes, feuillues et résineuses) en fonction de la position dans la trouée.....	39
Figure 14. Densité moyenne des tiges avec et sans brout dans les trouées et sous couvert forestier.	40
Figure 15. Proportion de la densité des tiges résineuses, feuillues ou d'arbustes broutés (en pourcentage), dans les trouées et sous couvert forestier.....	41
Figure 16. Proportion des tiges broutées (en %), pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et C) de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	42
Figure 17. Proportion des tiges broutées (en %), dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.....	43
Figure 18. Proportion des tiges broutées (en %) par catégories (arbustes, feuillues et résineux), dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.....	43
Figure 19. Densité des tiges broutées et non-broutées, pour les essences A) feuillues (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et B) résineuses (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées dans les différents ravages.....	44
Figure 20. Proportion de ramilles broutées (en %) pour les tiges d'arbustes et de feuillues ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	45
Figure 21. Proportion de ramilles broutées (en %) pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) et B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) pour les tiges ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.....	46
Figure 22. Proportion de ramilles broutées (en %) pour les tiges d'arbustes et de feuillus ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.....	46
Figure 23. L'intensité moyenne du brout des essences résineuses (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées dans les différents ravages.....	47
Figure 24. Épaisseurs de neige moyennes sous couvert et en trouée, tous secteurs confondus.....	48
Figure 25. Epaisseurs de neige moyennes dans les différents ravages.....	48
Figure 26. Epaisseurs de neige moyennes dans les différents ravages sous couvert forestier et en trouée.....	49
Figure 27. Épaisseurs de neige moyennes pour les couverts plus feuillus et les couverts plus résineux.....	49

Figure 28. Épaisseurs de neige moyennes dans la trouée selon la position (centre, est, nord, ouest et sud).	50
Figure 29. Épaisseurs de neige moyennes dans la trouée selon la distance du centre (soit 0,5, 10, 15 et 20 m).	50
Figure 30. Indice de présence du cerf sous couvert forestier et en trouée.	51
Figure 31. Indice de présence du cerf sous couvert majoritairement feuillu ou majoritairement résineux.	51
Figure 32. Indice de présence du cerf sous couvert forestier et en trouée pour les différents ravages.	52
Figure 33. Représentation de la régénération, de la densité de cerf, du brout et de la quantité de neige du couvert forestier et de la trouée dans un ravage.	57

Liste des cartes

Carte 1. Localisation des ravages des Laurentides à l'étude	13
Carte 2. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage du Lac des Trente-et-Un Milles.	15
Carte 3. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage de Kiamika-Lac-du-Cerf.	16
Carte 4. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage de Notre-Dame-du-Laus.	17

Liste des Tableaux

Tableau 1. Surface, température, précipitations, assise rocheuse et altitude	14
Tableau 2. Végétation potentielle des différents sites	14
Tableau 3. Classification des peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par cerf (MEF 1998)	18
Tableau 4. Classification des différents types de perturbations.....	19
Tableau 5. Les mesures prises sur le terrain.....	21
Tableau 6. Correspondance entre la proportion des ramilles broutées et les 5 classes de brout pour les résineux.....	21
Tableau 7. Signification des descripteurs utilisés pour relever les indices de présence du cerf de Virginie en hiver.....	23
Tableau 8. Évolution des différentes catégories d'habitat du 1 ^{er} au 4 ^{ème} inventaire forestier décennal (IFD) en superficie (ha).....	24
Tableau 9. Transition entre les différentes catégories de potentiel d'utilisation de l'habitat par le Cerf de Virginie telles qu'observées entre le 1 ^{er} et le 4 ^{ème} inventaire forestier décennal (IFD).....	25
Tableau 10. Transition entre les différentes catégories de potentiel d'utilisation de l'habitat par le cerf de Virginie entre le 1 ^{er} et le 4 ^{ème} inventaire forestier décennal pour le secteur Lac des Trente-et-Un Milles, Lac David, Kiamika-Lac-du-Cerf, Notre-Dame-du-Laus, Lac Sucrierie et La Macaza.....	27
Tableau 11. Quantité absolue de tiges par catégorie dans les placettes forêts et trouées.....	30
Tableau 12. Résultats statistiques (p>F) pour la densité des tiges en fonction du traitement, du ravage et de l'interaction traitement*ravage.....	33
Tableau 13. Résultat des tests statistiques montrant les différences significatives entre les ravages (les lettres différentes représentent des densités significativement différentes sur une même ligne).....	34
Tableau 14. Résultat des densités et des tests statistiques montrant les différences significatives entre les ravages et les traitements (les lettres différentes représentent des densités significativement différentes sur une même ligne).....	34
Tableau 15. Densité moyenne des tiges totale (nb/m ²), pour les arbustes, les feuillus (données pour le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et les résineux (données pour le pin blanc (Pib) et la pruche (Pru)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées situées directement dans les zones d'Abri (A), N=10.	37
Tableau 16. Surface terrière moyenne (prisme facteur 2) et surface terrière en essences feuillues (totale, bouleau jaune (Boj) et érable à sucre (Ers)) et résineuses (totale, pruche (Pru) et sapin baumier (Sab)) des parcelles forêts prises dans les différents transects pour les ravages à l'étude.....	38
Tableau 17. Effet du pourtour des trouées et de la surface terrière par essence du couvert forestier sur la densité moyenne des tiges (nb/m ²). En Annexe 2, le %ST et l'indicateur des arbres de pourtour en feuillus et en résineux. La surface terrière totale et par essence, ainsi que l'indicateur des arbres de pourtour de la trouée ont été mis en relation avec la densité de la régénération (par catégorie et essence) à l'aide de modèle de régression linéaire.....	39
Tableau 18. Quantité absolue de tiges et de ramilles broutées et disponibles, ainsi qu'une estimation du pourcentage de ramilles broutées sur le total de ramilles disponibles pour les parcelles forêts et trouées.	40
Tableau 19. Résultats statistiques (p>F) pour la proportion des tiges broutées en fonction du traitement, du ravage et de l'interaction traitement*ravage.....	41
Tableau 20. Densité moyenne des tiges totale (nb/m ²) et pourcentage de tiges broutées (%), pour les feuillus et les résineux dans les parcelles forêts et les parcelles trouées situées directement dans les zones d'Abri (A), N=10.	47
Tableau 21. Quantité requise ou non d'abri, de nourriture et de nourriture-abri dans les différents ravages selon les données disponibles dans la présente étude.	53
Tableau 22. Synthèse des différences significatives et tendances entre le couvert forestier et la trouée en matière de régénération, du brout, d'épaisseur de neige et d'indice de présence par le cerf de Virginie.	57
Tableau 23. Synthèse des différences significatives et tendances entre les différents ravages en matière de régénération, de brout, d'épaisseur de neige et d'indice de présence par le cerf de Virginie.	58

1 Introduction

La population de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) a augmenté considérablement au cours du dernier siècle dans son aire de distribution traditionnelle ainsi qu'à sa marge. Cette population est sujette à des fluctuations importantes ; lors d'hivers moins cléments avec de grandes accumulations de neige, comme les hivers 2008-2009, la population peut diminuer de façon considérable si l'habitat n'est pas adéquat. Par contre, il est connu qu'une faible couverture neigeuse peut favoriser le développement des populations de cerf de Virginie (Telfer 1978, Gill 1992). Il est donc important que les ravages puissent assurer aux populations de cerfs des conditions durables, nécessaires pour faciliter leur survie en hiver et éviter les mortalités importantes. Par ailleurs, une hausse de la densité de cerf de Virginie peut entraîner une forte pression de brout sur la végétation forestière ainsi avoir des répercussions sur son habitat et sur la biodiversité. La diminution de la proportion d'abri ou de nourriture-abri dans les ravages et l'envahissement par des essences non-désirées sont donc des préoccupations importantes. Des traitements par trouées ont été effectués dans les ravages des Laurentides afin de répondre aux besoins du cerf (améliorer son habitat ou fournir de la nourriture).

La gestion intégrée des ressources est de plus en plus présente afin de s'assurer que l'aménagement des forêts se fasse en harmonie avec les besoins essentiels du cerf, ainsi que de protéger la régénération et la biodiversité de la forêt pour un maintien à long terme d'un habitat de qualité dans les ravages de cerf de Virginie. Ainsi, il est important de comprendre l'évolution de la végétation dans les ravages et de vérifier si les coupes par trouées constituent un traitement adéquat pour rebâtir le capital d'habitat pour cet ongulé.

1.1 L'historique et les perturbations dans les ravages des Laurentides

L'historique du territoire des Laurentides nous montre que les perturbations anthropiques et naturelles ont fortement influencé la végétation forestière. L'exploitation commerciale de la forêt pour la matière ligneuse commença au tout début du 19^{ème} siècle, notamment avec la récolte sélective des pins blancs de gros diamètre pour le commerce du bois équarri jusqu'à la fin du siècle, cédant la place au commerce de bois de sciage (Roy *et al.* 2010). Avec l'arrivée des premières papetières au début du 20^{ème} siècle, l'exploitation d'essences résineuses pour les pâtes et papiers, comme les petites épinettes et les sapins, devint très importante, et la récolte d'essences feuillues, comme le bouleau jaune, le chêne rouge et le tilleul, débuta lorsque les opérations s'avérèrent rentable. Avant 1990, la majorité des peuplements feuillus faisaient l'objet de coupes à diamètre limite visant le prélèvement prioritaire des meilleures tiges (« écrémage »). Dans le ravinage de Kamika-Lac-du-Cerf (KLDC), d'après Breton *et al.* (1988), on note vers le milieu des années 80 que les coupes sont très importantes (21% du ravinage) depuis les années 1970 ainsi que les coupes récentes (vers 1985) sont aussi très importantes, avec un taux de coupe de 3% du ravinage/an. Après 1990, la coupe de jardinage devient le traitement le plus utilisé, la coupe par trouée étant aussi pratiquée dans les ravages des Laurentides.

Le régime de trouées naturelle en forêt feuillue tempérée est évalué à un cycle moyen d'environ 1 % (entre 0,28 % à 2,2 %), soit un intervalle d'une centaine d'années (Frelich et Lorimer 1991 ; Dahir et Lorimer 1996 ; Payette *et al.* 1990). Bien que dominé en termes de superficie par les trouées, le paysage forestier des Laurentides a été influencé par les perturbations catastrophiques comme les grands feux (1870 et 1923), les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) et les chablis. L'épidémie de TBE de 1967-1983 (étendue à presque tous les peuplements contenant du sapin et de l'épinette blanche) entraîna une mortalité très sévère et des dommages très importants, surtout dans la moitié est de l'UAF 064-52, où se situent des ravages à l'étude, et dans l'UAF 061-51 (Carte 1). La population de TBE fut plus élevée vers 1975, avec un indice du niveau de défoliation grave caractérisé par la perte de plus de trois millions de m³ de sapins et d'épinettes (Roy *et al.* 2010).

Les populations de cerfs ont fortement augmenté dans les ravages à l'étude entre le début des années 1970 et la fin des années 1980 (1986-1987) (Breton *et al.* 1988); elles se sont respectivement accrues de 200% à KLDC, passant de 1 400 à 4 200 cerfs, et de 76% dans le ravage de Notre-Dame-du-Laus (NDL), passant de 1 700 à 3 000 cerfs. Les ravages de KLDC et NDL avait atteint des densités de 25 cerfs/km², tandis qu'à la même période, on notait des densités de plus de 30 cerfs/km² pour le ravage du Lac des Trente-et-Un Mille (L31) (Goudreault et Langevin 1989) et de 35 cerfs/ km² pour le ravage du Lac David (Hénault 1994). Aujourd'hui, dans les Laurentides, le cerf de Virginie est une espèce abondante dans son aire de répartition. Elle fait aussi l'objet d'une attention particulière quant à sa protection et à l'aménagement de son habitat (Huot 2002).

1.2 L'habitat du cerf de Virginie

Le cerf de Virginie opère ce que l'on pourrait appeler une discrimination dans l'utilisation de son habitat pour, d'une part, sa protection, et d'autre part, son alimentation. La disponibilité d'abri, de nourriture ainsi que la connectivité entre ces habitats sont des facteurs très importants pour la survie du cerf (Lefort *et al.* 2007). En hiver, le cerf affectionne particulièrement les zones où la nourriture et l'abri sont à proximité (zone intensive d'alimentation dans les 15 premiers mètres de l'abri), de sorte qu'il puisse les atteindre sans trop dépenser d'énergie et en limitant ses déplacements (Lesage *et al.* 2000).

Le domaine vital du cerf de Virginie est généralement de moins de 100 ha en hiver, bien que la taille varie d'une région à une autre. Les préférences hivernales d'habitat chez le cerf de Virginie au Québec révèlent que le type de peuplement, le couvert en conifères (relation positive) et la quantité de tiges arbustives feuillues disponibles sont des éléments importants considérés (Huot *et al.* 1972, Dumont *et al.* 1998). Par conséquent, un bon abri (**A**) hivernal est un lieu qui contribue à réduire les pertes énergétiques du cerf par réduction de l'accumulation de neige au sol et limitation de l'exposition au vent. La qualité des abris varie en fonction des peuplements. Les essences les plus prisées sont celles qui retiennent le mieux la neige et qui sont le moins soumises aux maladies (Demers *et al.* 1996). Pour l'abri, les peuplements mixtes à dominance de conifère seraient particulièrement prisés notamment lorsque le couvert en conifère est compris entre 50 et 80% (Dumont *et al.* 1998). Nous savons aussi que les peuplements résineux, comme la sapinière à thuya, la cédrière et la prucheraie, présentent d'excellents critères d'abri pour le cerf de Virginie (Lesage *et al.* 2000, Huot *et al.* 1972). L'épinette présente aussi des caractéristiques intéressantes, puisqu'elle est moins broutée (Lefort *et al.* 2007). En plus de la composition forestière, la qualité de l'abri varie en fonction de l'âge, de la structure ainsi que de la densité forestière (Lesage *et al.* 2000)

Une zone de nourriture (**N**) satisfaisante présente de nombreuses tiges ligneuses feuillues et résineuses très prisées par le cerf de Virginie. Les ramilles d'espèces ligneuses feuillues constituent la principale source de nourriture (Dumont *et al.* 1998). Le cerf apprécie particulièrement comme nourriture l'érable à épis (*Acer spicatum*), l'érable de Pennsylvanie (*A. pensylvanicum*), l'érable à sucre (*A. saccharum*) et l'érable rouge (*A. rubrum*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), le sapin baumier (*Abies balsamea*), le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) et bien d'autres.

Les zones mixtes nourriture-abri (**NA**) présentent un sous-étage arbustif bien développé et un couvert plus ou moins dense en peuplements mélangés ayant une proportion en résineux importante ou bien en peuplements résineux ouverts de densité moyenne à faible.

Selon le Guide d'aménagement des ravages en terres publiques (MEF 1998), les zones peu utilisées (PU) sont des zones comme des aulnaies, dénudés et semi-humide, mélèzins ou non-forestier,

ainsi que des zones feuillues de classe de densité A ou B, de classe de hauteur 1,2,3 ou 4 de 30 ans et plus.

Un bon ravage doit contenir un certain minimum d'abri. La proportion visée est de 20% dans les Laurentides. Le ravage idéal doit comporter des abris bien répartis. Pour les nourritures-abris, il faut maintenir entre 20-30% du territoire, toujours bien distribué ; les secteurs à plus de 100m des abris principaux étant plus difficiles à utiliser par le cerf.

1.3 L'effet des cerfs de Virginie sur l'habitat

Un cerf de poids moyen doit pouvoir compter sur 1 kg de ramilles par jour. Bien que les cerfs ne consomment pas beaucoup de conifère durant la saison de croissance des plantes, la consommation en période hivernale est documentée (Daigle *et al.* 2004). Des problèmes de recrutement de certaines essences s'observent dans les peuplements forestiers, notamment dans les ravages où l'effet du broutement des cerfs accentue cette problématique (Rooney 2001). L'effet le plus ressenti des cerfs sur les plantes (au niveau de l'individu) est le changement morphologique (Russell *et al.* 2001). La diminution de la croissance, l'augmentation de la mortalité et de la fécondité sont aussi d'autres facteurs fréquemment mentionnés. Jacob (1969) démontre que le brout répétitif des cerfs sur l'érable à sucre avait réduit la survie des semis. Aussi, pour les espèces comme l'érable à sucre et l'érable rouge, une étude montre qu'il existe une corrélation négative entre la densité de cerfs et la quantité de tiges de plus de 30cm de haut (Tilghman *et al.* 1989). On note aussi qu'en moyenne, la densité des tiges dans les exclos était 2 fois plus grande qu'à l'extérieur, probablement en raison du brout sur des plants de petite taille (< 50 cm) et du fait que les cerfs peuvent arracher les semis (Goudreault 2007). Aussi, parmi les conséquences, le manque de régénération d'essences résineuses par le broutement du cerf est grandement documenté (Alverson et Waller 1997, Potvin *et al.* 2003 et Russell *et al.* 2001).

De plus, le broutement par les cerfs de Virginie peut affecter et changer la composition future de la forêt (Russell *et al.* 2001) via son impact sur la régénération (Anderson et Loucks 1979, Frelich et Lorimer 1985). D'autres impacts sont aussi existants, notamment la diminution de la diversité des plantes herbacées et des arbustes (certaines études mentionnent des diminutions de 48 à 81%) dans les forêts matures (Rooney 2001), reliée à l'augmentation de la densité de cerfs. De plus, un appauvrissement de la diversité végétale peut aussi avoir des conséquences négatives pour les espèces animales utilisant cette strate (lièvre, oiseaux du sous-bois, etc.) (Boucher *et al.* 2004).

Selon une synthèse sur les effets du cerf de Virginie sur les plantes (Russell *et al.* 2001), une des principales conclusions est que toutes les études qui documentent une incapacité à la régénération de s'établir ont eu lieu où la densité de cerf est de plus de 8,5/km². De plus, il fut démontré que pour certaines essences, les dommages causés par le cerf de Virginie sont grandement dépendants de l'endroit où poussent les semis. Par exemple, la pruche (*Tsuga canadensis*), dans un contexte de fort broutement, a une meilleure chance de se régénérer dans des microsites occasionnés par des chablis (petits ou grands), ou des trouées, dans des creux et des monticules (sur les souches) (Krueger et Peterson 2006).

1.4 Traitements effectués pour maintenir l'habitat; coupe par trouées

Afin de maintenir l'habitat (abri et nourriture) du cerf de Virginie dans les ravages, des guides et des plans d'interventions ont été produits (Guide d'aménagement des ravages MEF 1998, Demers *et al.* 1996). Des dispositions réglementaires visant la conservation de l'habitat d'hiver des cerfs sur les terres publiques furent mises de l'avant (Règlement sur les habitats fauniques;

Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune). Ainsi, depuis 1995 et jusqu'en 2008, des coupes par trouées furent effectuées dans les ravages de la région des Laurentides (064-51, 064-52, 061-52 et 061-51) durant la période hivernale.

Ces coupes ont été effectuées dans des peuplements d'abri résineux, ainsi que dans des peuplements plus feuillus. Les trouées dans les abris visaient en priorité la régénération de résineux alors que celles dans les peuplements feuillus ou les mixtes étaient généralement à 100 m et moins des abris et visaient plus spécifiquement la production de nourriture (M. Hénault, communication personnelle). On note que les coupes par trouées (30 m de rayon) de 0,08 ha dans des cédrières entraîneraient un taux de régénération plus élevé (Potvin et Huot 1982). Le système de régénération par trouées est un processus fréquemment utilisé pour la régénération dans les peuplements mélangés (Larouche 2006).

De plus, la priorisation des trouées dans les endroits où la régénération naturelle est peu abondante pourrait favoriser la régénération feuillue afin de fournir de la nourriture aux cerfs. Cependant, l'utilisation des trouées comme nourriture par le cerf de Virginie n'a pas été démontrée dans les ravages à l'étude. De plus, plusieurs informations sont manquantes quant à l'effet de la coupe par trouées sur l'abri, la biodiversité et la nourriture du cerf. En période hivernale, l'accumulation de neige dans les trouées pourrait être un facteur limitant l'utilisation de la nourriture par les cerfs (Telfer 1978, Gill 1992).

La dynamique de la coupe par trouées

L'étude de la dynamique des trouées permet d'identifier les conditions optimales de croissance de plusieurs espèces. L'orientation dans la trouée (Gray et Spies 1996, Gendreau-Berthiaume et Kneeshaw 2009), la taille et la position de la trouée (Raymond *et al.* 2006), la hauteur et l'essence des arbres autour de la trouée sont des facteurs qui influencent la quantité de lumière et la régénération dans celle-ci (Kneeshaw et Bergeron 1999). Par exemple, certaines études mentionnent que le sapin baumier (*Abies balsamea*) et le cèdre (*Thuja occidentalis*) se retrouvent plus particulièrement au sud dans les trouées, tandis que les peupliers (*Populus*) seraient plus au nord (Ref). La densité de la régénération du bouleau jaune, de l'épinette et de l'érable à épis augmente avec l'augmentation de la taille de la trouée (pour des trouées inférieures à 600m²). Cependant, toutes ces études furent effectuées en l'absence de cerf et sans tenir compte du broutage.

L'effet du broutage est à prévoir après coupe par trouée. En effet, on note que les grandes trouées peuvent amener plus de broutage (Bouffard et Delagrangé 2008). Dans une étude (Bouffard et Delagrangé 2008) sur la régénération dans les trouées, on note aussi l'importance du niveau d'herbivorie sur la régénération après deux hivers ayant une couverture neigeuse particulièrement faible, l'accumulation plus importante de neige ayant minimisé l'impact du broutage.

Il devient donc important de quantifier la régénération et l'utilisation par le cerf (notamment comme source de nourriture) des coupes par trouées, afin de maintenir des ravages de qualité. Il s'agit ici de mieux comprendre les relations entre la régénération, les ouvertures créées par les trouées, le couvert de neige et la végétation arbustive compétitrice dans le contexte de l'application du jardinage par trouées pour la reconstruction du capital d'habitats du cerf de Virginie dans les ravages reconnus.

1.5 Les objectifs de la présente étude

Les objectifs, bien que différents, ont pour but commun 1) de mieux comprendre comment maintenir à long terme des habitats de qualité dans les ravages de cerf de Virginie, et 2) de maintenir des écosystèmes sains et résilients et les multiples fonctions de l'écosystème

- 1- Quantifier la régénération issue des coupes par trouées dans divers ravages et la comparer avec des témoins sous couvert forestier ;
- 2- Évaluer l'utilisation des coupes par trouées par les cerfs de Virginie et la comparer avec des témoins sous couvert forestier ;
- 3- Évaluer l'évolution de la végétation dans les ravages à l'étude ;
- 4- Élaborer un outil d'aide à la décision selon divers scénarios pour assurer le maintien à long terme de la qualité de l'habitat.

2 Méthodologie

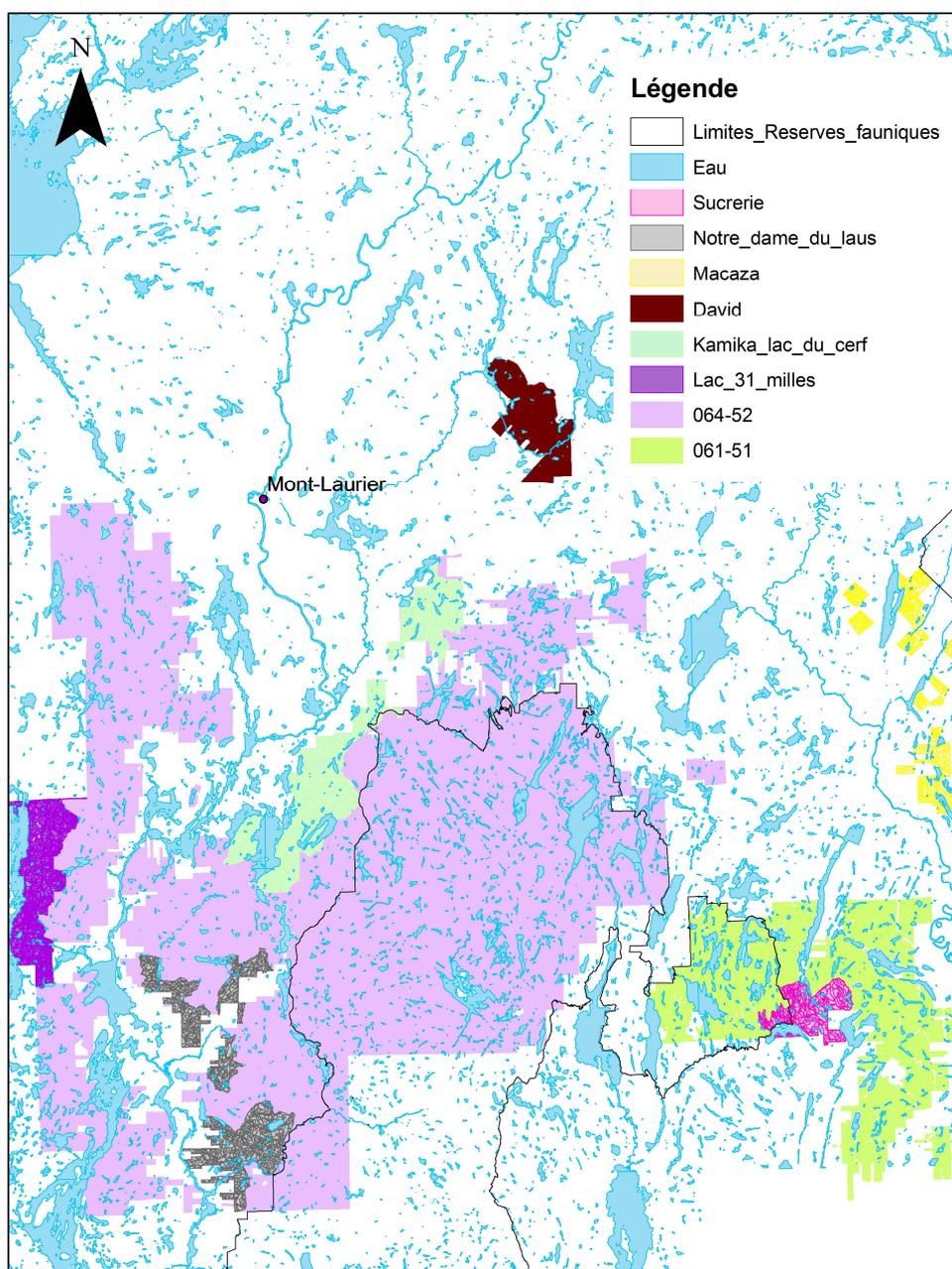
2.1 Description de la zone d'étude

En tout, six ravages ont été étudiés pour la partie historique des perturbations, et trois de ces ravages ont aussi été analysés afin d'étudier l'effet des coupes par trouées sur la régénération (Carte 1).

Six ravages ont été considérés dans la présente étude :

- Lac des Trente-et-Un Milles (L31)
- Lac David
- Kiamika-Lac-du-Cerf (KLDC)
- La Macaza
- Notre-Dame-du-Laus (NDL)
- Lac Sucrierie

Dans l'UAF 061-51, on recense des aires de confinement du cerf de Virginie, dont entre autres le ravage du Lac Sucrierie (situé à proximité de la municipalité de Saint-Rémi-d'Amherst). Pour l'UAF 064-52, on note les ravages de Notre-Dame-du-Laus, de Kiamika-Lac-du-Cerf, du Lac des Trente-et-Un Milles et quelques autres. La superficie des ravages occupe 14,9 % de cette UAF (MRNF 2008). Les caractéristiques de l'UAF 064-52 seront détaillées, bien que certains ravages utilisés pour l'évolution de la végétation ne soient pas dans cette UAF (soit le Ravage Lac Sucrierie, Lac David et La Macaza).



Carte 1. Localisation des ravages en terre public des Laurentides à l'étude

Le relief de l'UAF 064-52 est caractérisé par un mélange de coteaux, de larges et étroites vallées, de petites et de grandes collines, ainsi que de quelques massifs un peu plus élevés. En terme d'assise rocheuse, le territoire est constitué de roches intrusives métamorphisées (gneiss) sur lesquelles reposent divers types de dépôts de surface, dont particulièrement ceux d'origine glaciaire. Les tills épais occupent les dépressions ou les secteurs à pente faible, alors que les tills minces occupent les coteaux et les collines (Robitaille et Saucier 1998). Selon les données écoforestières, les dépôts glaciaires de type indifférencié d'épaisseur moyen à épais et mince à absent couvrent respectivement 64 % et 27 % du territoire alors que les dépôts fluvioglaciaires d'épandage comptent pour environ 8 % du territoire. Le climat est de type subpolaire subhumide, continental, et un gradient de température existe entre le sud et le nord de la région.

La température et les précipitations annuelles moyennes, avec environ 30 % sous forme de neige, sont décrites au tableau 1. La longueur de la saison de croissance est de 170-180 jours.

Tableau 1. Surface, température, précipitations, assise rocheuse et altitude

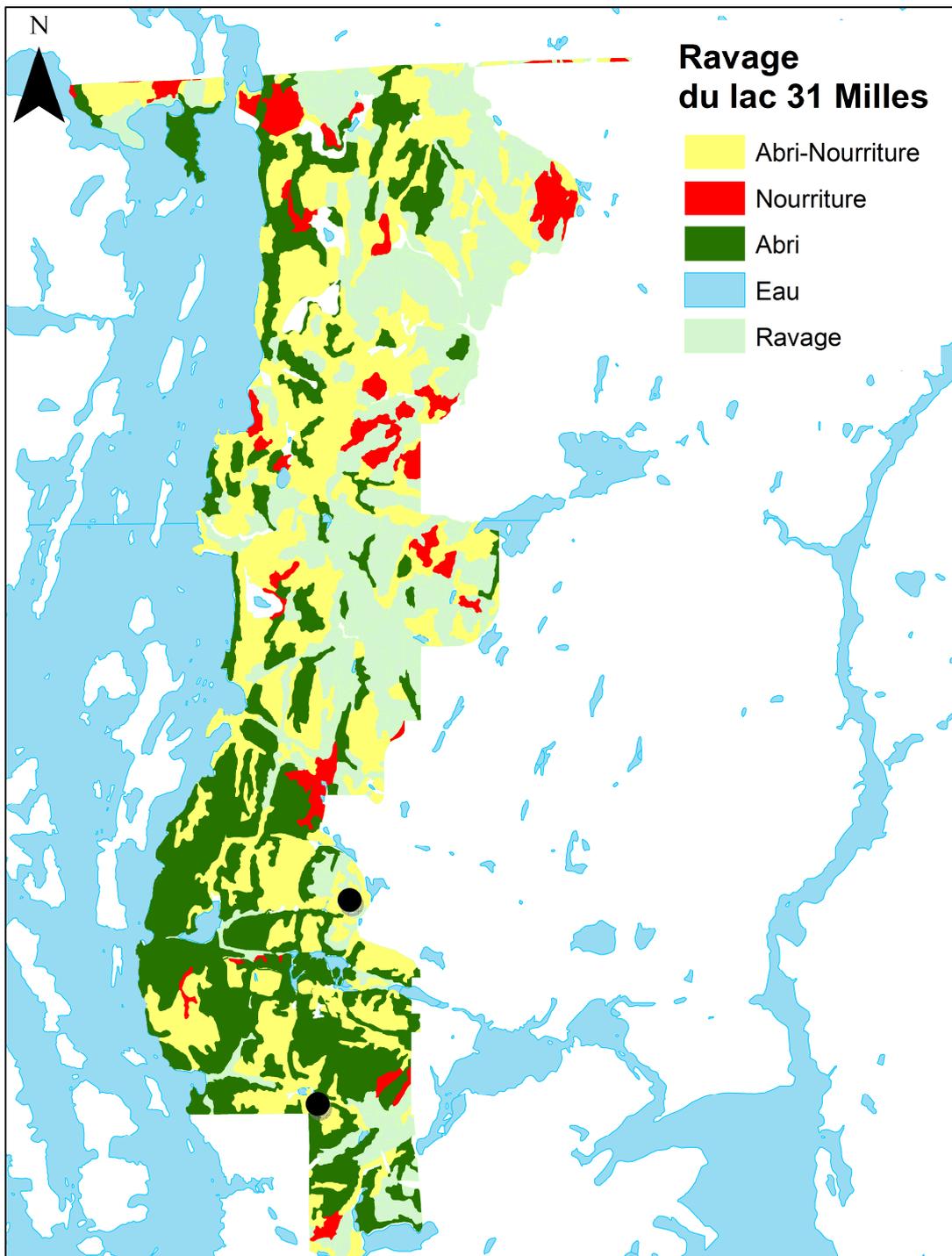
UAF	Surface productive forestière (ha)	Température moyenne (°C)	Précipitation moyenne (mm)	Assise rocheuse	Altitude moyenne (m)
064-52	152 863	2.5 - 5.0	900 - 1100	gneiss	275 - 331

Pour les quatre unités de paysage régional de l'UAF 064-52, la végétation potentielle des sites mésiques de milieu de pente est l'érablière à bouleau jaune et parfois l'érablière à tilleul (Tableau 2). De plus, les sites à tendance subhydrique sont colonisés par la bétulaie jaune à sapin. Dans les bas de pente à drainage moyen, on retrouve la sapinière à érable rouge. Dans les hauts de pente bien drainés, on peut retrouver l'érablière à ostryer et l'érablière à tilleul et hêtre. Sur les sites xériques, on retrouve l'érablière à chêne rouge sur les sommets, la prucheraie à bouleau jaune et la pinède à pin blanc ou rouge sur les dépôts minces. La majorité du territoire est couvert par des forêts feuillues et mélangées, composées d'arbres de grosseurs et d'âges variés (Gosselin *et al.* 2001).

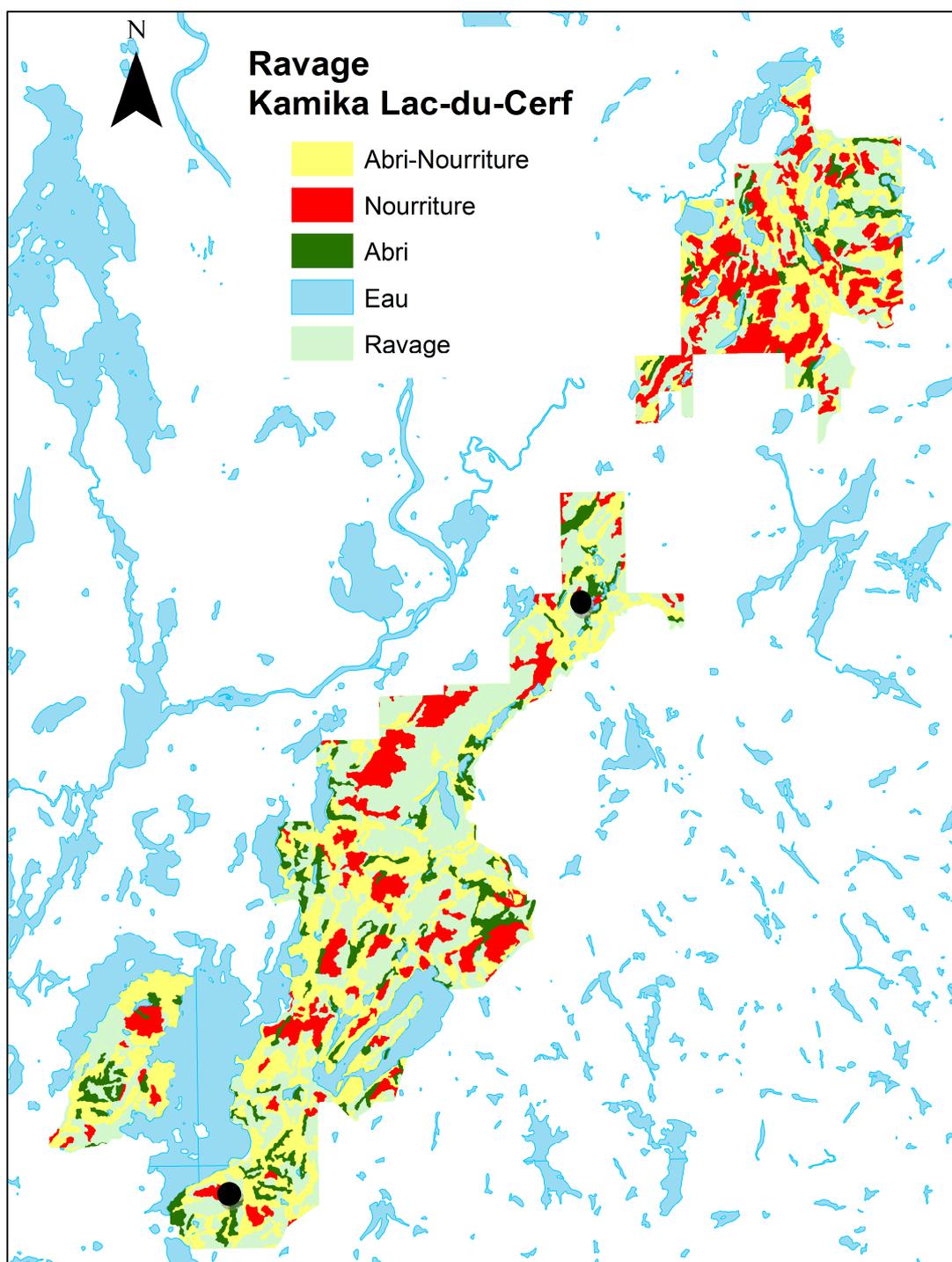
Tableau 2. Végétation potentielle des différents sites

UAF	Mésique de milieu de pente	Haut de pente	Xérique	Hydrique	Bas de pente à drainage moyen et faible	Sols organiques
064-52	Érablière à bouleau jaune Érablière à tilleul	Érablière à ostryer Érablière à tilleul et hêtre	Érablière à chêne rouge Prucheraie à bouleau jaune Pinède à pin blanc ou rouge	Sapinière à bouleau jaune et frêne noir	Bétulaie jaune à sapin Sapinière à érable rouge	Cédrière tourbeuse Pessière noire à sphaignes Frênaie noire à sapin

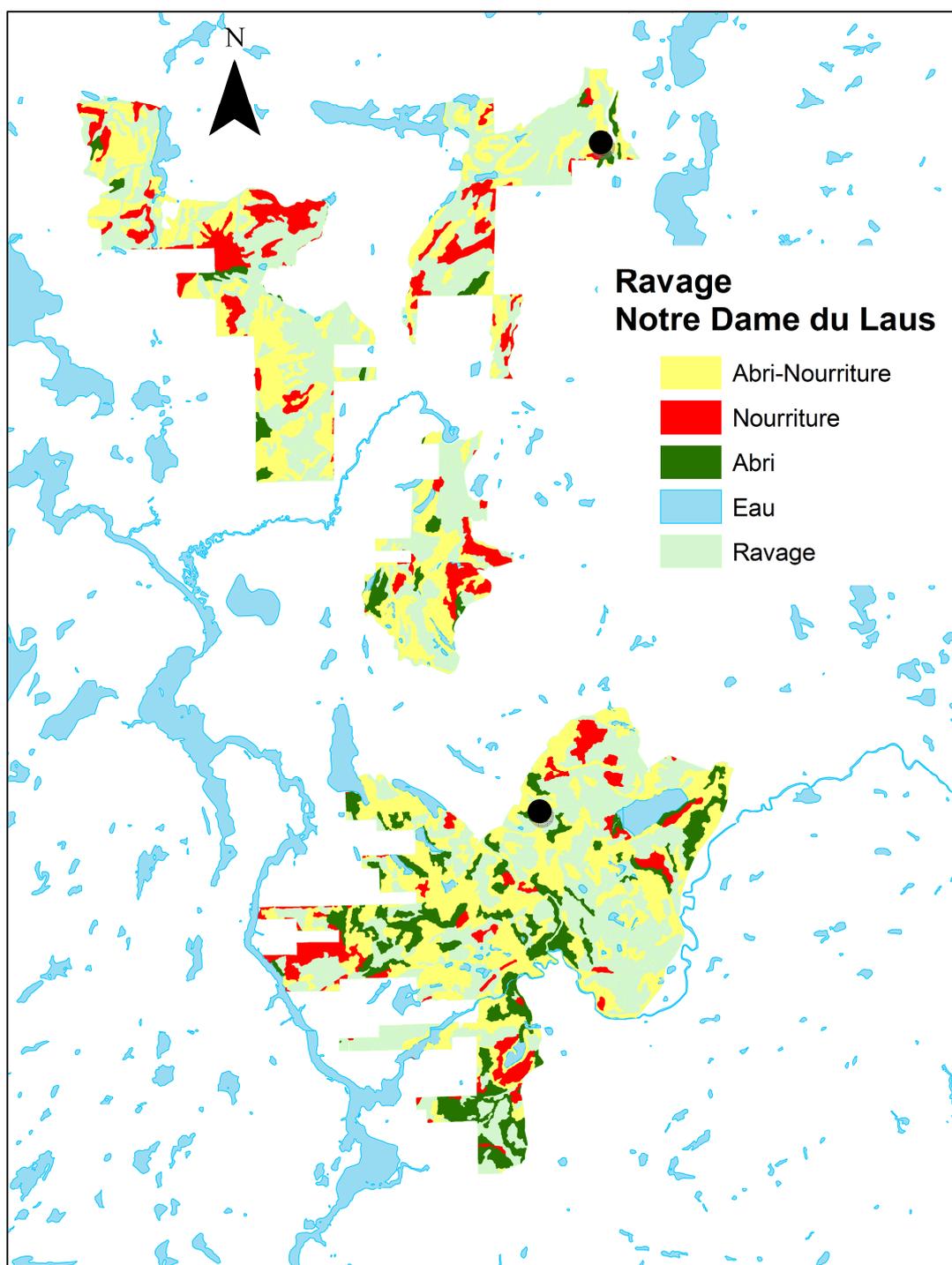
La représentation des types d'utilisation par le cerf dans les différents ravages à l'étude peut être visualisée aux cartes 2, 3 et 4 (provenant des données du 4^{ième} décennal). Les zones sans couleur spécifique dans le ravage (donc en vert pâle) sont majoritairement des zones de type peu utilisé ou autre. On note visuellement plus d'abri au ravage du Lac 31 Milles. Pour le ravage du Lac 31 Milles, la portion sud semble mieux représentée en abri, les points de départ des transects sont situés dans cette section (Carte 2). Dans les ravages de Kamika-Lac-du-Cerf et Notre-Dame-du-Laus, on note aussi d'importantes superficies en zones de type peu utilisé ou autre. Dans ces deux derniers ravages, bien que la superficie en abri semble assez faible, les zones d'abri sont tout de même assez réparties sur le territoire et semblent bien connectées avec des zones de nourriture et de nourriture-abri (Cartes 3 et 4).



Carte 2. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage du Lac des Trente-et-Un Milles.



Carte 3. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage de Kiamika-Lac-du-Cerf.



Carte 4. Localisation et représentation des différents types d'habitat et des points de départ des transects pour le ravage de Notre-Dame-du-Laus.

2.2 Évolution de la végétation et effets des perturbations dans les ravages

Pour réaliser cette analyse d'historique, les données des 4 inventaires forestiers décennaux de 1969-1971, 1982-1983, 1991-1993 et 2005-2006 ont été utilisés. Pour déterminer les

informations concernant les zones et les catégories de ravage de cerfs de Virginie pour la période du premier programme d'inventaire par secteurs et compartiments, et compléter les tableaux du MRNF en ajoutant les nouvelles données, nous nous sommes servis du Système d'Information Forestière par Tesselle (SIFORT) et de la classification des peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par le cerf (Tableau 3). D'après ces éléments bibliographiques mentionnés à la section 1.2, il paraît ainsi pertinent de classer les peuplements selon leur utilisation par le cerf, comme le montre le tableau 3. Cette classification a été utilisée dans l'analyse des données des différents inventaires forestiers décennaux.

Tableau 3. Classification des peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par cerf (MEF 1998)

Type d'utilisation par le cerf	Groupement végétal	Densité	Hauteur	Classe d'âge
Abri (A)	Résineux ¹	A,B	1,2,3,4	30 ans et plus
	Mélangés (R)	A,B	1,2,3,4	30 ans et plus ²
Nourriture et abri (NA)	Résineux	A, B	5	30 ans et plus
	Résineux	C	1,2,3,4,5	30 ans et plus ²
	Mélangés (R)	A, B	5	30 ans et plus ²
	Mélangés (R)	C	1,2,3,4,5	
	Mélangés (F)	A, B, C	1,2,3,4,5	
Nourriture (N)	Résineux	A,B,C	6	10 ans
	Résineux	D	1,2,3,4,5	10 ans
	Mélangés	A,B,C	6	10 ans
	Mélangés	D	1,2,3,4,5	
	Feuillus	A,B,	5,6	
	Feuillus	C,D	1,2,3,4,5,6	
	Résineux			
	Mélangés			
Feuillus				
Peu utilisé (PU)	Non régénéré ³			
	Feuillus	A,B	1,2,3,4	30 ans et plus
	Aulnaies			
	Dénudés et semi-humides			
	Mélézins			
Non forestier				

1 : En excluant le mélèze

2 : Équienne et inéquienne

3 : Coupe totale, friche, brûlis et épidémie sévère

L'évolution des différents types d'habitats pour la période entre le premier et le dernier inventaire forestier (1969 – 2006) est suivie à l'aide de la base de données SIFORT, qui conserve les données de trois inventaires forestiers décennaux, et des données écoforestières du quatrième programme d'inventaire forestier qui ont été ajoutées aux tesselles de SIFORT. Pour ce qui concerne les données du quatrième décennal, les données ont été obtenues par un forage par point exactement aux mêmes points que ceux utilisés pour le développement de la base de données SIFORT. Les perturbations qui se sont produites entre chaque programme d'inventaire ont été classées en quatre catégories selon la sévérité (totales : perte de ≥ 75 % du couvert ou partielles : perte entre 25 % à 75 % du couvert) et la source de la perturbation (naturelle ou anthropique) (Tableau 4):

- Anthropique totale (AT)
- Anthropique partielle (AP)

- Naturelle totale (NT)
- Naturelle partielle (NP)

Pour la plupart des tesselles, pour les trois périodes mentionnées, il y avait juste une perturbation. Cependant, pour les tesselles où il y avait deux ou trois différentes catégories de perturbations, nous avons choisi la catégorie de perturbations la plus susceptible de laisser sa marque selon la liste de priorité suivante : AT -> NT -> AP -> NP.

Tableau 4. Classification des différents types de perturbations

Codes des perturbations		Description	Classification
BR	Feu		NT
CAM	Coupe d'amélioration		AP
CDL	Coupe à diamètre limite		AP
CE	Coupe partielle et épidémie légère		AP
CEA	Coupe de pré-jardinage		AP
CEF	Coupe progressive finale		AP(AT)
CH	Chablis total		NT
CHP	Chablis partiel		NP
CHT	Chablis total		NT
CJ	Coupe de jardinage		AP
CJG	Coupe de jardinage par pied d'arbre ou groupe d'arbres		AP
CJP	Coupe de jardinage avec régénération par parquets		AP
CJT	Coupe de jardinage avec trouées		AP
CP	Coupe partielle		AP
CPI	Coupe partielle photo-interprétée		AP
CPR	Coupe avec protection de la régénération		AT
CT	Coupe totale		AT
CTR	Coupe par trouées		AP
EC	Éclaircie commerciale		AP
EL	Épidémie légère		NP
ENR	Enrichissement		AT
EPC	Éclaircie précommerciale		AP
ETR	Élimination de tiges résiduelles		AT
FR	Friche ou défriché		NT
HP	Chablis partiel		NP
P	Plantation		AT
PL	Plantation		AT
PLN	Plantation de semis cultivés à racines nues		AT
RPS	Récupération en vertu d'un plan spécial d'aménagement		AT

2.3 Effets de traitement par trouées sur l'abri et la nourriture

Plan d'échantillonnage

Les trois ravages des Laurentides sélectionnés pour ce dispositif sont celui de Notre-Dame-du-Laus (NDL), celui du Lac des Trente-et-Un Miles (L31) et enfin celui de Kiamika-Lac-du-Cerf (KLDC). Les zones d'études à l'intérieur de ces ravages sont situées où des coupes par trouées ont été effectuées et où il y a une présence des trois types d'utilisation par le cerf (A, NA, N).

Pour chaque ravage, des zones de coupe par trouées (Zone d'environ 10 hectares traitée entre 1995 et 2008) (N= 16) et des témoins (N= 16) sont échantillonnés. Les trouées mesurées dans l'UAF 64-52 et 64-51 ont généralement un rayon de +/- 10-15m, car elles ne sont parfaitement ronde et les sentiers de débusquage passant dans ces trouées changent souvent la forme de celle-ci. Les trouées ont des dimensions assez semblables et en générale des rayons de moins de 15m. Sauf quelques exceptions, vu la forme irrégulière de certaines d'entre elle, on a pu avoir des distances du centre de 20m. Les peuplements jardinés par trouées et les peuplements témoins sont présélectionnés selon plusieurs critères (A), (AN), ou (N) à l'aide de l'analyse des polygones éco-forestiers, en se badant sur la classification du Tableau 3 (MEF 1998). Chaque ravage comporte 2 transects espacés de plus de 500m et chaque transect compte 8 paires trouées/forêts. Donc, au total, 48 paires trouées/forêts ont été échantillonnées. Le respect de ces critères a pu être vérifié à l'aide du SIG.

Chaque placette située dans une trouée est associée à une placette sous-couvert appelée « forêts ». Les placettes « trouées » sont disposées le long des transects. Les placettes « forêts » sont localisées perpendiculairement au transect, de 20 à 30 m des placettes « trouées », comme le montre la figure ci-dessous (Figure 1).

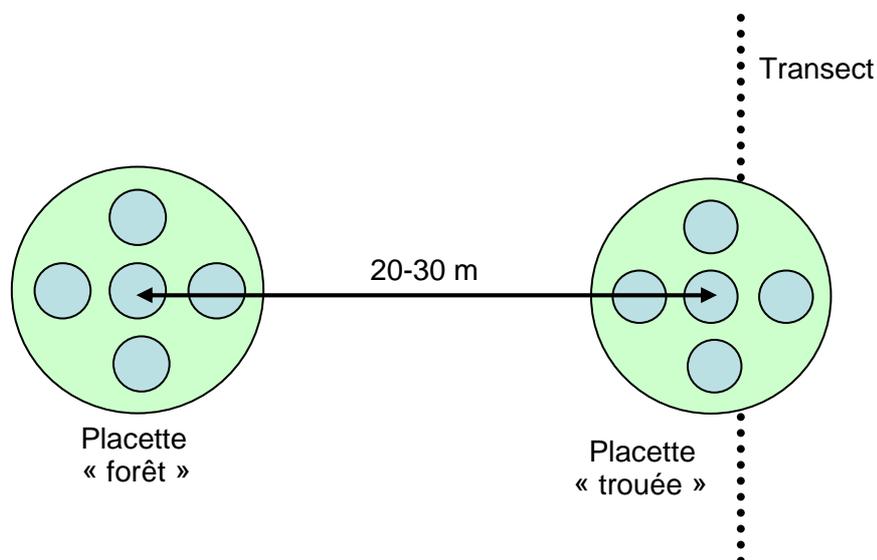


Figure 1. Représentation schématique d'une placette « trouée » et de la placette « forêt » associée.

Toutes les placettes comportent cinq microplacettes circulaires de 5m² où sont réalisés les relevés de broutage et dont les centres sont espacés de 4 m (Figure 2). Les 5 microplacettes sont disposées comme suit : une au centre de la placette, une au nord, une à l'est, une au sud et une à l'ouest.

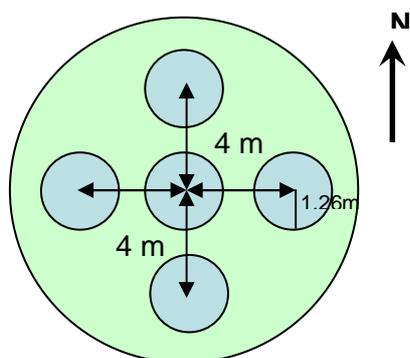


Figure 2. Représentation schématique d'une placette et ses 5 microplacettes.

Prise de mesure

Les données ont été prises au mois de mai 2012. Dans chaque microplacette, on note le nombre de tiges par essence entre 50 et 225 cm de hauteur pour les arbustes, les feuillus et les résineux. La hauteur et le diamètre au collet des tiges résineuses sont mesurés, en plus de noter l'état des tiges (mort ou vivant) (Roy et Doyon 2011).

Un résumé des prises de mesure sur le terrain est présenté au tableau 5. Les tiges entre 50 et 225 cm de hauteur sont classées comme broutées et non-broutées. Pour les tiges broutées d'arbustes et de feuillus, le brout des ramilles de 10 cm de long et plus des tiges de 50 cm à 225 cm de haut est évalué, par essence. Pour le noisetier à long bec (*Corylus cornuta*), la longueur minimale des ramilles était de 4 cm au lieu de 10 cm. Pour les essences résineuses en particulier, on attribue une classe broutage décrite au tableau 6. Le brout annuel des cerfs uniquement a été analysé.

Tableau 5. Les mesures prises sur le terrain.

	Nombre (Densité)	Nombre (Densité) par essence	Nombre total de ramilles (si brout)	Nombre de ramilles broutées (si brout)	Diamètre au collet	Hauteur	Indice de brout
Résineux entre 50-225 cm	√	√			√	√	√
Feuillus entre 50-225 cm	√	√	√	√			
Arbustes entre 50-225 cm	√	√	√	√			

Tableau 6. Correspondance entre la proportion des ramilles broutées et les 5 classes de brout pour les résineux.

% de ramilles broutées	0%	0 - 25 %	25 - 50 %	50 - 75 %	75 - 100 %
Classe de brout	0	1	2	3	4

Dans la trouée, l'inventaire par essence et classe de diamètre (10-20cm ; 20-40cm ; 40-60cm et plus de 60 cm) des arbres de pourtour est réalisé. Les arbres du pourtour de la trouée sont tous les arbres dont le feuillage participe à la fermeture du couvert de la trouée. Sous couvert, on procède à une évaluation de la surface terrière ainsi qu'à un relevé des classes de diamètre et des essences à partir du centre de la placette. La composition et la classe de DHP des arbres de la parcelle sont estimées pour les arbres avec un DHP supérieur à 9,1cm. Pour finir, on note la présence de crottin dans les microplacettes situées dans les trouées, ainsi que le long du transect, sur 2 m de large, de 20-30 m séparant les placettes « trouée » des placettes « forêt ». Ces données de présence de crottin ont aussi été prises au mois de mai 2012.

Analyse des données

Les densités (nombre/m²) moyennes de tiges (total, par catégorie (feuillu, arbuste et résineux) et par essence) ont été analysées en fonction du traitement (trouée ou forêt), du ravage (les 3 ravages à l'étude) et de l'interaction traitement*ravage. La densité des tiges broutées (nombre/m²), ainsi que la proportion des tiges broutées (%) des tiges (total, par catégorie (feuillu, arbuste et résineux) et par essences) ont aussi été analysées en fonction du traitement (forêt vs. trouée), des ravages et de l'interaction entre traitement*ravage. Les moyennes ont été comparées à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) appropriée selon le cas, utilisant le seuil de confiance (0.05).

La densité moyenne des tiges (total, par catégorie (feuillu, arbuste et résineux) et par essence) a aussi été analysée en fonction de la surface terrière sous couvert forestier, ainsi que selon la proportion de la surface terrière attribuée à chaque catégorie et essence du couvert. Elle a aussi été analysée en fonction de l'indicateur des arbres du pourtour de la trouée (total, par catégorie et par essence). On mesure l'indicateur des arbres de pourtour de la trouée en attribuant une valeur médiane de la classe de diamètre par essence (ex. valeur de 15 pour les arbres entre 10-20cm, valeur de 30 pour les arbres entre 20-40cm et valeur de 50 pour les arbres entre 40-60cm). On additionne ensuite les valeurs par essence ou catégorie (résineux/feuillus) pour les arbres autour d'une même trouée. La surface terrière totale et par essence, ainsi que l'indicateur des arbres de pourtour de la trouée ont été mis en relation avec la densité de la régénération (par catégorie et essence) à l'aide de modèle de régression linéaire. Le type d'habitat (directement dans les zones d'abri(A)) où les trouées ont été pratiquées a été brièvement analysé selon les données écoforestières (SIG) afin de voir s'il y avait plus de régénération résineuse dans ces zones N=6 (trouée ou forêt). Vu la faible quantité de réplicas, aucune analyse statistique n'a été faite avec ces données.

Les densités (nombre/m²) moyenne de tiges (total, par catégorie (feuillu, arbuste et résineux) et par essence) ont aussi été analysées selon la position des microplacettes dans les trouées. Les moyennes ont été comparées à l'aide de l'analyse de la variance appropriée selon le cas, utilisant le seuil de confiance (0.05).

La proportion moyenne de ramilles broutées (%), au total, par catégorie (arbustes et feuillus) et par essences ont été analysées en fonction du traitement et du ravage (traitement*ravage). Pour les essences résineuses, l'intensité moyenne du brout a été calculée en faisant la moyenne des classes de brout pour les tiges broutées par essence dans les différentes placettes. Des analyses ont été effectuées en fonction du traitement (forêt vs. trouée), des ravages et de l'interaction entre traitement*ravage.

La moyenne de l'indicateur hauteur/diamètre au collet a aussi été calculée pour les différentes essences résineuses, par placette. On a ensuite utilisé le modèle linéaire afin de déterminer s'il existe une corrélation entre l'intensité moyenne du brout et l'indicateur hauteur/diamètre au collet, par essence.

On a multiplié le pourcentage moyen de tiges broutées avec le pourcentage moyen de ramilles broutées pour chaque essence dans les trouées et sous-couvert forestier afin d'avoir une indication du pourcentage d'utilisation des ramilles disponibles. Le type d'habitat (directement dans les zones d'abri(A)) où les trouées ont été pratiquées a été brièvement analysé selon les données écoforestières (SIG) afin de voir s'il y avait plus de brout dans ces zones N=6 (trouée ou forêt). Vu la faible quantité de réplicas, aucune analyse statistique n'a été faite avec ces données.

2.4 Effet de traitement par trouées sur l'utilisation par les cerfs de Virginie en hiver (quantité de neige et piste)

Plan d'échantillonnage

Les trouées sélectionnées ne sont pas nécessairement les mêmes que les trouées pour l'effet sur l'abri et la nourriture (section précédente), bien qu'elles soient parfois à proximité de celles-ci. Les données ont été prises en février 2012. Ces données concernent les secteurs de Notre-Dame-du-Laus (NDL), du Lac des Trente-et-Un Mille (L31M), du Lac du Cerf (KLDC) et du Lac Sucrierie (SUC). Sur chaque transect, se trouvent des couples pairées de placettes « trouée » et « forêt ». On compte environ 160 placettes de chaque milieu (trouée/forêt). Selon les ravages, on compte entre 74 et 114 placettes.

Prise de mesure

Les trouées ont des dimensions assez semblables et en générale des rayons de moins de 15m. Sauf quelques exceptions, vu la forme irrégulière de certaines d'entre elles, on a pu avoir des distances du centre de 20m. Dans chaque placette trouée et forêt, on prend au minimum 6 mesures d'épaisseur de neige. Dans les placettes trouées, les relevés d'épaisseur de neige sont prises suivant l'orientation (centre, nord, sud, est et ouest) et la distance au centre de la trouée (0, 5, 10, 15 et très rarement 20m). La composition du couvert forestier a aussi été notée, selon si le couvert est majoritairement résineux ou feuillu.

Sur le terrain, les indices de présence du cerf de Virginie ont été relevés en hiver dans tous les couples de placettes de tous les secteurs selon la codification qui suit (Tableau 7).

Tableau 7. Signification des descripteurs utilisés pour relever les indices de présence du cerf de Virginie en hiver.

Descripteur	X	A	B	C
Signification	Aucune piste	1 piste	2-3 pistes	Un sentier battu par plusieurs individus

Analyse des données

Une analyse de variance dans laquelle le ravage est le facteur aléatoire (Épaisseur de neige = Traitement | Ravage) a été réalisée afin de tester l'effet du traitement coupe par trouées sur l'épaisseur de neige. Nous avons aussi analysé l'épaisseur de neige en fonction du traitement uniquement à l'aide de l'analyse de variance. Les moyennes ont été comparées à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) appropriée selon le cas, utilisant le seuil de confiance (0.05).

Pour tester si l'épaisseur de neige varie en fonction de la position des relevés dans les trouées (orientation et distance au centre de la placette), on utilise des analyses de variance. Les modèles statistiques sont les suivants: (Épaisseur de neige = Position dans la trouée) et (Épaisseur de neige = Distance du centre de la trouée). Pour les placettes forêts, on analyse si l'épaisseur de neige varie en fonction du couvert forestier à l'aide de l'analyse de variance (Épaisseur de neige = Type de couvert).

Pour l'analyse de la fréquence de présence du cerf de Virginie en fonction du traitement coupe par trouée, on réalise un test du χ^2 . On teste l'hypothèse H_0 suivante : « la fréquence de présence

du cerf est la même dans les trouées et sous couvert forestier ». Les résultats sont aussi évalués par ravage, ainsi que selon le couvert forestier.

3 Résultats

3.1 Évolution de la végétation dans les ravages

Résultats globaux de l'évolution des habitats selon leur potentiel d'utilisation par le cerf de Virginie du 1^{er} au 4^{ème} inventaire forestier décennal

Entre les 1^{er} et 4^{ème} inventaires forestiers, on constate une réduction très importante de 5480 ha en potentiel d'habitat d'abri pour le cerf de Virginie, soit plus de 50% (Tableau 8). En effet, au premier décennal, l'abri constituait 28% des potentiels d'utilisation pour passer à 12% seulement (Figure 3). Ce constat s'explique par le fait que les pertes en abri (7382 ha) sont très peu compensées par le gain d'abri provenant de la transformation des autres catégories de potentiel d'utilisation (1902 ha).

Cette réduction en abri se fait au profit des potentiels d'utilisation nourriture (N) et nourriture-abri (NA), chacun gagnant respectivement 2794 ha, et 3292 ha (Tableau 8), ce qui augmente leur proportion dans les ravages puisque ceux-ci passent respectivement de 5 à 14% et de 23% à 33% (Figure 3). L'augmentation en ces deux derniers types de potentiel d'utilisation se fait malgré des pertes importantes des superficies initiales (N : de 1830 à 431 ha ; NA : de 7840 à 3676 ha) grâce à des gains provenant de la transformation des superficies de « peu utilisé » dans le cas du potentiel d'utilisation nourriture et d'« abri » dans le cas du potentiel d'utilisation nourriture-abri.

Pour sa part, le potentiel « peu utilisé » est demeuré sensiblement le même entre les deux périodes (tableau 8). C'est la catégorie qui est la plus stable entre les 2 périodes, avec plus de 50% des superficies initiales qui demeurent inchangées.

Tableau 8. Évolution des différentes catégories d'habitat du 1^{er} au 4^{ème} inventaire forestier décennal (IFD) en superficie (ha).

POT_CERF_1er	Superficie	POT_CERF_4e			
		A	N	NA	PU
A	9507	2124	977	4291	2050
N	1830	163	431	580	654
NA	7840	1071	757	3676	2246
PU	14230	668	2458	2586	8358
	Total	4027	4624	11132	13308

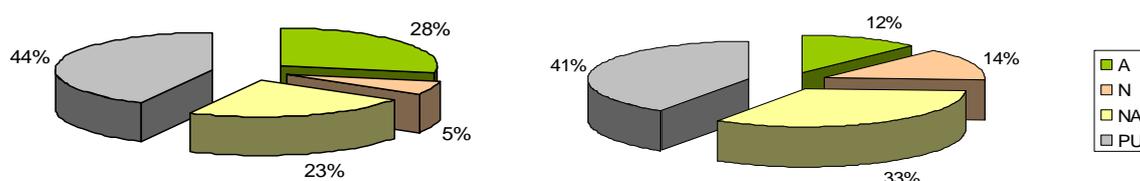


Figure 3. Proportion des différents types de potentiel d'habitats pour le cerf de Virginie au 1^{er} (à gauche) et au 4^{ème} (à droite) inventaires forestiers décennaux.

L'étude détaillée des transitions de potentiel d'habitat en fonction du type de perturbation (ou sans perturbation, SP) nous informe sur les dynamiques de transformation de l'habitat du cerf de Virginie (Tableau 9). On y constate que la perte d'abri est importante, peu importe la perturbation ou même en absence de perturbation. En effet, en l'absence de perturbation, seulement un tiers de l'abri est demeuré dans cette catégorie. La perte en abri est particulièrement élevée dans le cas de perturbations anthropiques totales (AT) puisque seulement 7,5% de l'abri garde sa fonction après perturbation. Les perturbations partielles (AP et NP) et la succession sans perturbation (SP) favorisent la transformation des potentiels d'utilisation d'abri en nourriture-abri alors que les perturbations naturelles totales (NT) les transforment plus fortement vers les potentiels d'utilisation nourriture. Les seules transitions qui montrent un gain en abri significatif sont N→NP et NA→NP, mais les superficies impliquées sont trop faibles pour compenser la perte. De façon générale, lorsqu'on combine les superficies perturbées et les transitions, on constate que les coupes partielles ont été responsables de près de 50% des pertes en potentiel d'utilisation d'abri (3966 ha * 82.8% = 3283.8 ha) sur les 7382 ha perdus.

À l'inverse du potentiel d'utilisation d'abri, les coupes totales favorisent la création d'habitat ayant un bon potentiel d'utilisation pour l'alimentation du cerf de Virginie. Les pertes les plus importantes en potentiel d'alimentation pour le cerf de Virginie proviennent de l'absence de perturbation (849 ha). Les potentiels peu utilisés sont très stables pour toutes les dynamiques, sauf après des coupes totales ou des perturbations naturelles partielles. Comme ces deux types de perturbations ont été peu importants dans cette catégorie de potentiel d'utilisation, l'effet absolu sur le changement global est léger. On constate que le potentiel « peu utilisé » peut se transformer en nourriture ou nourriture-abri, mais très peu en abri, peu importe la perturbation (ou l'absence de perturbation).

Tableau 9. Transition entre les différentes catégories de potentiel d'utilisation de l'habitat par le Cerf de Virginie telles qu'observées entre le 1^{er} et le 4^{ème} inventaire forestier décennal (IFD).

POT_CERF_1er	Superficie	Perturbation	POT_CERF_4e			
			A %	N %	NA %	PU %
A	3965.6	AP	17.2	10.1	50.2	22.1
A	1377.4	AT	7.5	33.3	30.1	29.0
A	238.0	NP	18.7	6.3	50.0	18.7
A	59.4	NT	25.0	49.9	0.0	25.0
A	3866.1	SP	33.1	1.9	45.7	18.5
N	550.3	AP	5.4	27.1	24.3	43.2
N	148.3	AT	0.0	40.0	49.9	10.1
N	59.4	NT	50.0	0.0	0.0	50.0
N	1071.5	SP	9.7	20.8	34.7	34.7
NA	2945.2	AP	7.1	10.6	50.0	31.8
NA	579.4	AT	2.6	38.4	30.8	25.7
NA	371.3	NP	32.0	24.0	28.0	12.0
NA	29.7	NT	0.0	0.0	100.0	0.0
NA	3914.8	SP	18.6	3.4	48.3	28.5
PU	6703.2	AP	2.0	24.0	13.3	60.3
PU	816.2	AT	1.8	54.6	14.5	29.0

PU	416.4	NP	17.9	21.4	25.0	32.2
PU	118.9	NT	0.0	0.0	12.5	87.5
PU	6175.4	SP	7.2	5.1	23.6	62.2

N.B : Si les sommes des proportions des différents habitats n'égalent pas 100%, cela est dû à la catégorie « EAU », qui correspond aux surfaces recouvertes d'une nappe d'eau.

Résultats par secteur

Intéressons-nous maintenant à l'évolution de 1970 à 2009 par ravage. Sur la figure ci-dessous (Figure 4), en ce qui concerne les zones d'abri, on distingue d'ores et déjà deux groupes de secteurs : Lac Trente-et-Un-Miles, David, Kiamika-Lac du Cerf, Notre-Dame-du-Laus et Sucrierie d'une part pour lesquels l'habitat abri a été réduit du 1^{er} au 4^e inventaire forestier décennal ; La Macaza, pour lequel les surfaces d'abri ont augmenté d'autre part.

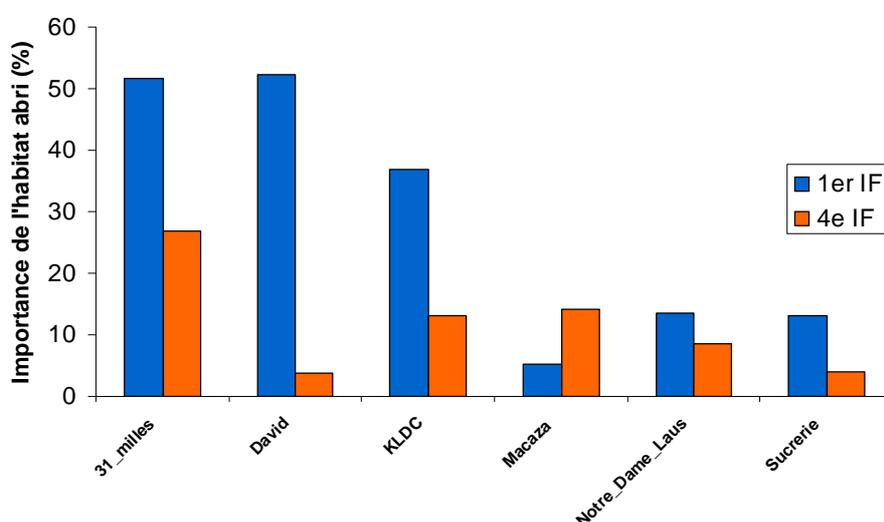


Figure 4. Proportion de l'habitat abri dans les différents ravages selon les données des 1^{er} et 4^{ème} inventaires forestiers

- Secteur Lac des Trente-et-Un-Milles

Entre les 1^{er} et 4^{ème} inventaires forestiers décennaux, on constate une réduction de 982 ha en potentiel d'abri pour le cerf de Virginie, soit 36 % de perte (Tableau 10). Au premier décennal, l'abri constituait 52 % des potentiels d'utilisation contre 27 % au 4^{ème}. Cela s'explique par le fait que les pertes en abri (1310 ha) ne sont que très peu compensées par les gains (328 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d'utilisation.

- Secteur Lac David

Pour ce secteur, on constate une réduction drastique de 2070 ha en potentiel d'abri pour le Cerf de Virginie, soit 93 % de perte (Tableau 10). Au premier décennal, l'abri constituait 52 % des potentiels d'utilisation contre 3,8 % au 4^{ème}. Cela s'explique par le fait que les pertes considérables en abri (2114 ha) ne sont pas compensées par les faibles gains (44 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d'utilisation.

- Secteur Kiamika-Lac-du-Cerf

Pour ce secteur, on constate une réduction de 1840 ha en potentiel d’abri pour le cerf de Virginie, soit 63 % de perte (Tableau 10). Au premier décennal, l’abri constituait 37 % des potentiels d’utilisation contre 13 % au 4^{ème}. Cela s’explique par le fait que les pertes en abri (2346 ha) ne sont pas compensées par les gains (505 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d’utilisation.

- Secteur Notre-Dame-du-Laus

Pour ce secteur, on constate une réduction de 388 ha en potentiel d’abri pour le Cerf de Virginie, soit 37 % de perte (Tableau 10). Au premier décennal, l’abri constituait 14 % des potentiels d’utilisation contre 9 % au 4^e. Cela s’explique par le fait que les pertes en abri (2346 ha) ne sont pas compensées par les gains (505 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d’utilisation.

- Secteur Lac Sucrierie

Pour ce secteur, on constate une réduction de 239 ha en potentiel d’abri pour le cerf de Virginie, soit 70 % de perte (Tableau 10). Au premier décennal, l’abri constituait 13 % des potentiels d’utilisation contre 4 % au 4^{ème}. Cela s’explique par le fait que les pertes en abri (104 ha) ne sont pas compensées par les gains (90 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d’utilisation.

Pour les cinq secteurs mentionnés précédemment, à savoir Lac des Trente-et-Un-Milles, Lac David, Kiamika-Lac-du-Cerf, Notre-Dame-du-Laus et Lac Sucrierie, la réduction en abri constatée se fait surtout au profit des potentielles nourritures (N), nourriture-abri (NA) et, dans une moindre mesure, peu utilisé, ce qui augmente leur proportion dans les différents ravages. L’augmentation de ces types de potentiels d’utilisation a lieu malgré des pertes souvent importantes de superficies initiales.

- Secteur La Macaza

Ce secteur en revanche présente une augmentation de 386 ha en potentiel d’abri pour le Cerf de Virginie entre les 1^{er} et 4^{ème} inventaires forestiers décennaux, soit 173 % de gain (Tableau 10). Au premier inventaire décennal, l’abri constituait dans ce secteur 5 % des potentiels d’utilisation, contre désormais 14 % au 4^{ème}. En effet, dans ce cas, les pertes en abri (149 ha) sont limitées et largement compensées par les gains (535 ha) issus de la transformation des autres catégories de potentiel d’utilisation.

Ce gain en surfaces d’abri observé pour le secteur La Macaza s’explique par des transformations importantes de superficies de « nourriture-abri » (268 ha) et « peu utilisé » (238 ha). Néanmoins, cette augmentation a lieu malgré une perte de 2/3 des superficies initiales (de 223 à 74 ha).

Tableau 10. Transition entre les différentes catégories de potentiel d’utilisation de l’habitat par le cerf de Virginie entre le 1^{er} et le 4^{ème} inventaire forestier décennal pour le secteur Lac des Trente-et-Un Milles, Lac David, Kiamika-Lac-du-Cerf, Notre-Dame-du-Laus, Lac Sucrierie et La Macaza.

Secteur Lac des Trente-et-Un Milles					
POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	2753.3	1443.9	74.4	1294.7	253.0
N	44.7	0	0	0	44.7
NA	1101.3	268.0	104.1	416.7	297.6
PU	1398.4	59.6	163.7	252.9	907.4

Total	1771.5	342.1	1964.3	1502.6
-------	--------	-------	--------	--------

Secteur Lac David

POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	2217.5	103.5	399.2	1079.2	635.6
N	118.3	14.8	14.8	59.1	29.6
NA	369.6	29.6	59.1	192.2	88.7
PU	1433.9	0.0	147.8	207.0	1079.1
Total	147.8	621.0	1537.5	1833.0	

Secteur Kiamika-Lac-du-Cerf

POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	2925.2	579.3	311.7	1247.6	786.6
N	475.4	89.2	89.0	163.4	133.7
NA	2138.6	193.3	237.3	1010.0	698.0
PU	4293.2	223.0	1084.1	668.7	2317.3
Total	1084.7	1722.2	3089.8	3935.7	

Secteur Notre-Dame-du-Laus

POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	1044.7	253.8	44.8	492.4	253.7
N	417.9	29.9	44.7	149.3	194.0
NA	2149.4	224.0	104.4	1223.9	597.0
PU	3775.5	149.4	581.9	895.4	2148.8
Total	657.1	775.8	2761.0	3193.5	

Secteur Lac Sucrierie

POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	342.9	14.9	104.4	104.4	89.5
N	387.7	0.0	238.5	29.8	119.3
NA	864.8	89.5	178.9	253.5	283.3
PU	939.5	0.0	193.8	29.8	671.1
Total	104.4	715.7	417.5	1163.2	

Secteur La Macaza

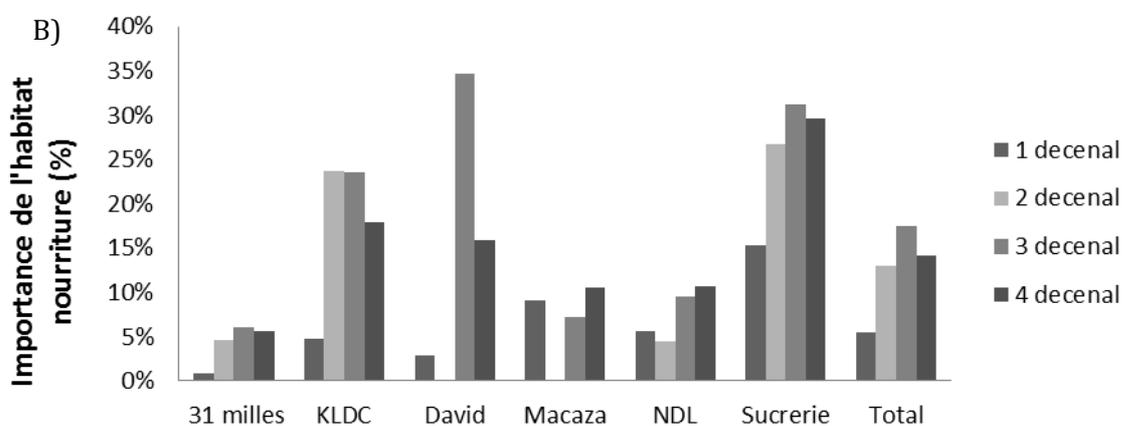
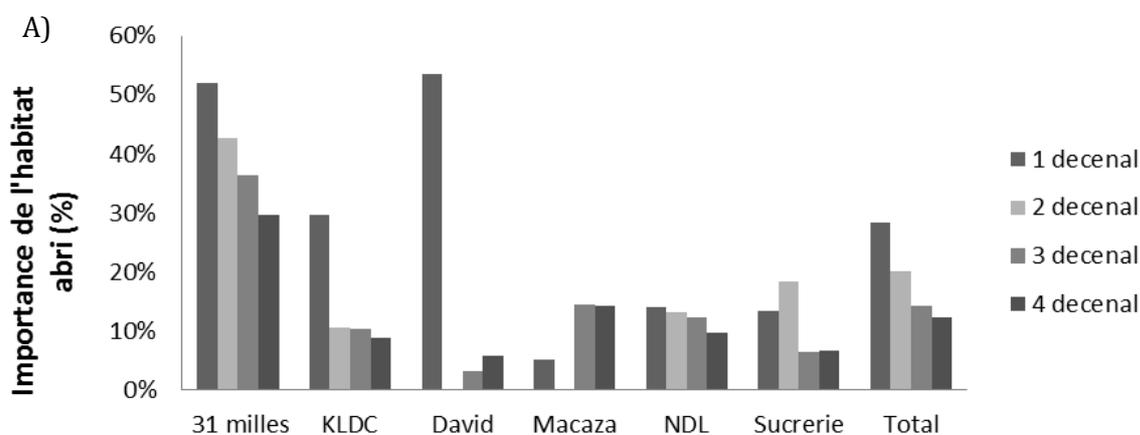
POT_CERF_1er	POT_CERF_4e				
	A	N	NA	PU	
A	222.8	74.3	44.5	74.3	29.7
N	385.6	29.7	44.5	178.0	133.5
NA	1216.9	267.3	74.2	578.6	282.0
PU	2389.6	237.7	281.8	534.4	1231.8
Total	608.9	445.0	1365.3	1677.0	

Si l'on regarde l'évolution entre les 4 périodes à l'étude (Annexe 1), on note des pertes très importantes de pourcentage du ravage en abri entre le premier et le deuxième décennal pour les ravages KLDC et entre le premier et le troisième décennal pour le ravage Lac David (Figure 5 a). Les pertes sont un peu plus constant dans le temps pour les ravages L31, La Macaza et NDL. En somme, de nombreux hectares en abri se sont perdus entre le premier et le troisième décennal dans les ravages à l'étude, les pertes étant moins importantes en nombre d'hectares entre le troisième et le quatrième décennal (Figure 5 a).

Il est à noter que le ravage La Macaza semble moins varier au niveau du pourcentage des types d'utilisation par le cerf dans le temps. Le pourcentage du territoire en habitat peu utilisé par le cerf semble aussi assez similaire dans le temps, sauf une diminution importante pour le ravage de NDL entre le deuxième et le troisième décennal (Figure 5 d).

Pour le type d'habitat nourriture, on observe une augmentation très importante entre le premier et le deuxième décennal pour le ravage KLDC, ainsi qu'entre le premier et le troisième décennal pour le ravage Lac David (Figure 5 b).

Cependant pour le type d'habitat nourriture-abri, des augmentations notables de pourcentages de superficie s'observent entre les 3 différentes périodes, dépendamment des ravages ; Lac David entre le premier et le deuxième décennal, L31 entre le deuxième et le troisième décennal et KLDC entre le troisième et le quatrième décennal (Figure 5 c).



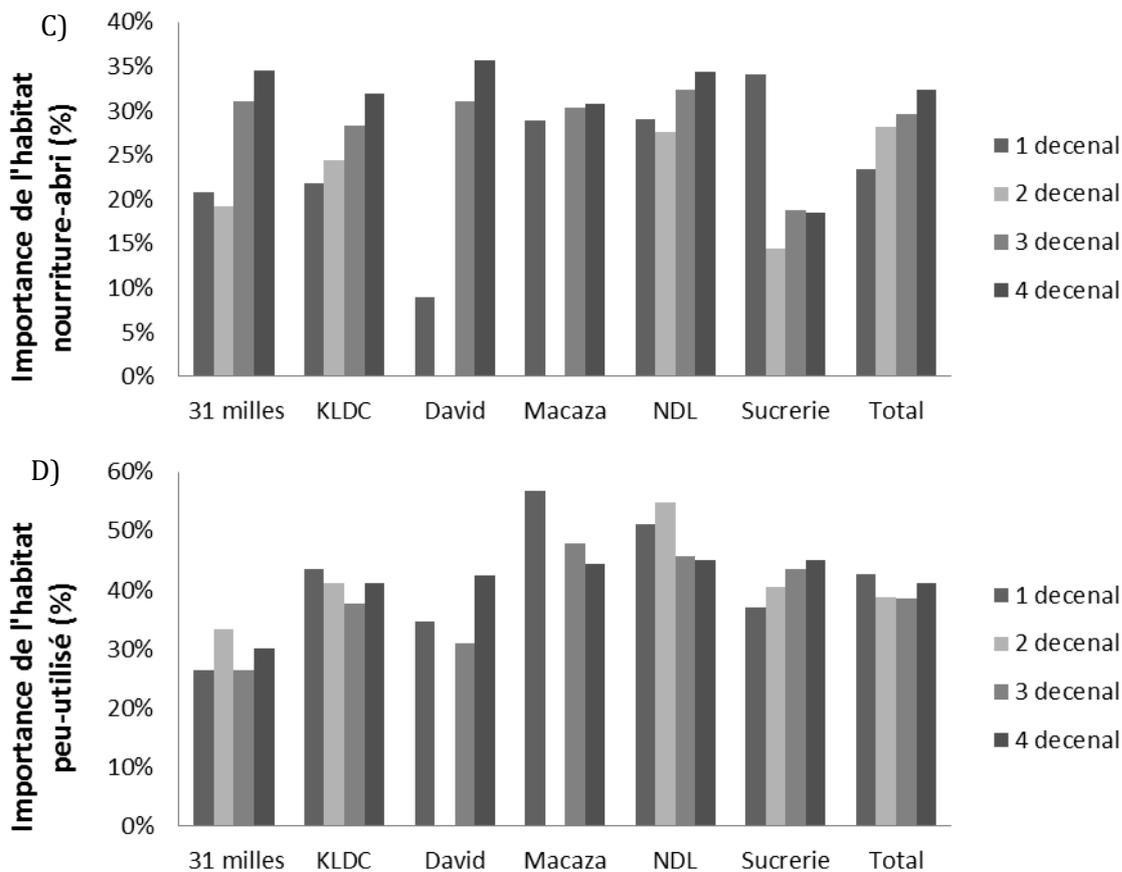


Figure 5. Évolution de la superficie en A) abri (%), B) nourriture (%), C) nourriture-abri (%) et D) peu utilisé (%) entre les différents inventaires forestiers décennaux pour les différents ravages. Notez que les absences (0) sont des données non-complètes.

3.2 Effets de traitement par trouées sur l'abri, la nourriture et l'utilisation par les cerfs de Virginie

3.2.1. Effets de traitement par trouées sur la régénération

Le nombre total de tiges de semis est de 1935 en forêt, et de 3131 dans les trouées (Tableau 11). La densité des tiges, au total, est significativement plus élevée dans les trouées que sous couvert (en forêt), soit une différence de près de 38% (Figure 6). Cependant, on observe que les coupes par trouées entraînent une densité de tiges significativement plus importante pour les arbustes (près de 45%), mais qu'il n'y a pas de différence significative pour les résineux (Figure 6). Autant au niveau du total des résineux que par essence pour le pin blanc, la pruche et le sapin, il n'y a pas de différence significative entre la densité de tiges dans les trouées et sous couvert (Figure 7). Pour les arbustes, on trouve l'érable à épis et la viorne en densité significativement plus importante (plus de 58%) dans les trouées qu'en sous-couvert forestier (Figure 7).

Tableau 11. Quantité absolue de tiges par catégorie dans les placettes forêts et trouées

	Forêt	Trouée
--	-------	--------

Nombre de tiges	1935	3131
Nombre de tiges résineuses	44	73
Nombre de tiges d'arbustes	878	1557
Nombre de tiges feuillues	1013	1501

Dans le cas des essences feuillues, on observe aussi une augmentation significative de la densité des tiges dans les trouées d'environ 32% (Figure 6). On note que cette augmentation est principalement due à l'érable rouge (environ 72%) et qu'aucune différence significative ne s'observe pour l'érable à sucre (Figure 7). Dans le cas, du bouleau jaune, la densité est significativement plus élevée dans les trouées (environ 55%).

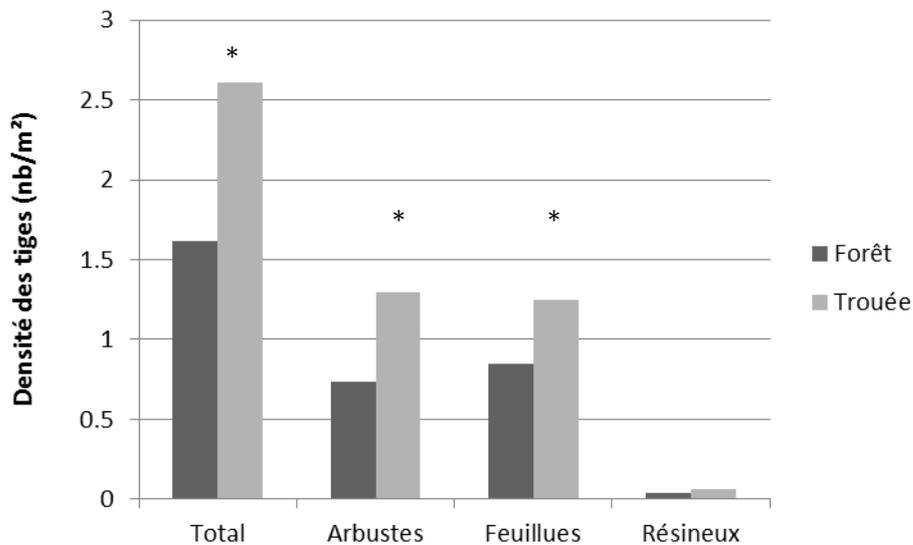


Figure 6. Densité moyenne des tiges (au total, pour les arbustes, pour les feuillus et pour les résineux) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

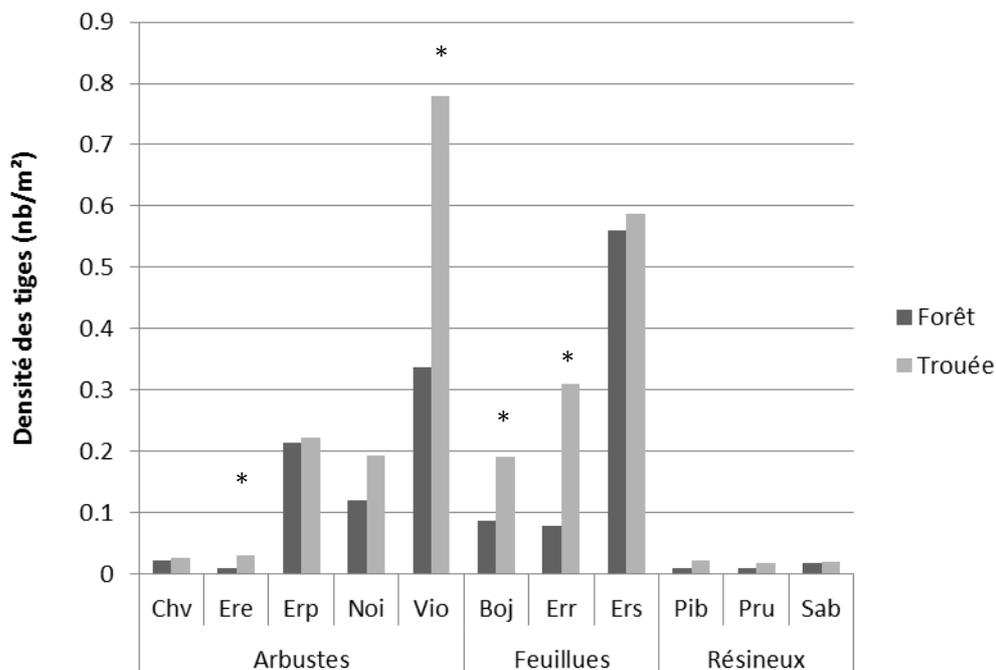


Figure 7. Densité moyenne des tiges pour les essences les plus denses d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)), de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

En forêt, on observe une tendance à une diminution possible de la compétition des tiges feuillues et résineuses par les arbustes. En effet, la proportion d'arbustes est plus élevée dans les trouées (environ 4%) que sous couvert forestier (Figure 8). On note aussi que la proportion de viorne et d'érable à épis semble plus forte dans les trouées, l'érable de Pennsylvanie étant proportionnellement plus dense sous couvert forestier (Figure 9a). En ce qui concerne les feuillus, la proportion d'érable rouge est plus importante dans les trouées que sous couvert, l'érable à sucre étant proportionnellement plus élevé sous couvert (Figure 9 b). En ce qui concerne les résineux, on note une plus grande proportion de pin blanc dans les trouées, comparativement à une plus grande proportion de sapin en sous-couvert forestier (Figure 9c).

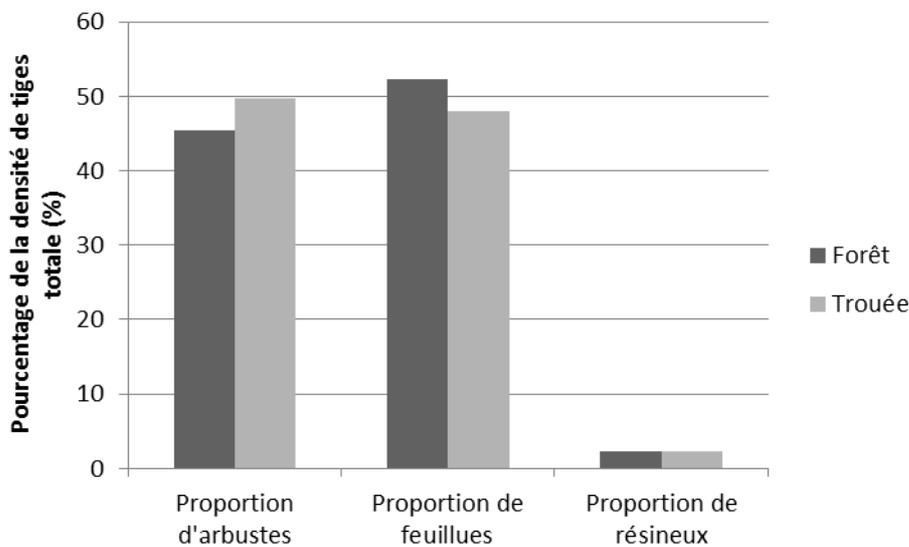
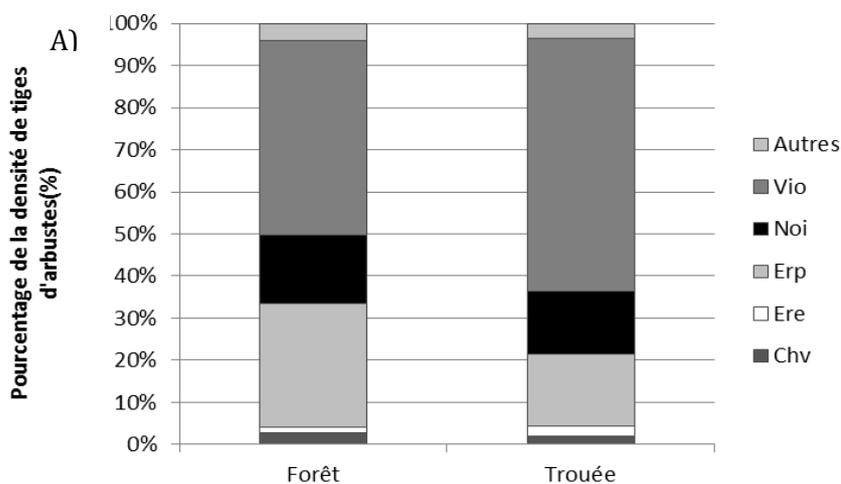


Figure 8. Pourcentage de la densité totale des tiges (par catégorie) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.



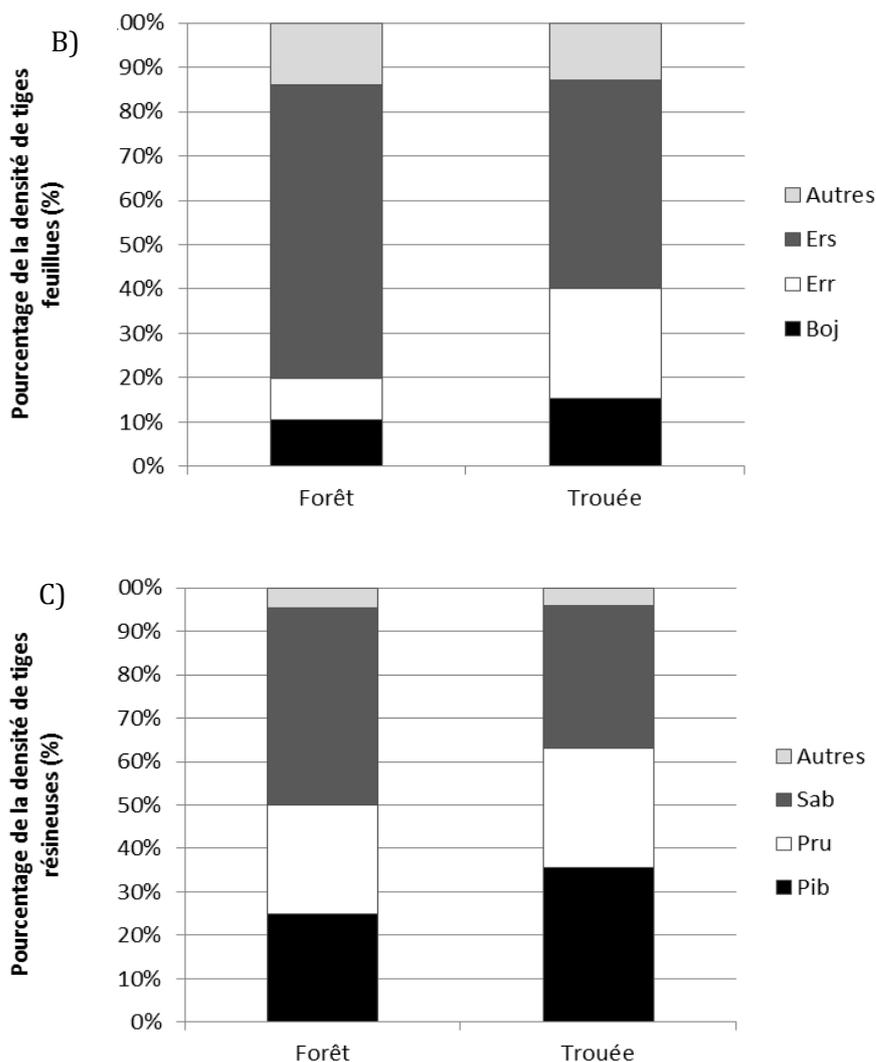


Figure 9. Pourcentage de la densité totale des tiges pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et C) de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

Les résultats par ravage montrent qu'il y a plusieurs différences significatives en ce qui concerne la densité des tiges (Tableau 12). La densité des tiges est significativement plus faible au ravage L31 que dans les 2 autres ravages (Tableau 13). Ceci s'observe particulièrement dans les trouées, où l'on observe environ 50% moins de tiges au L31 que dans les 2 autres ravages (Figure 10). Au ravage de NDL, la densité totale des tiges est significativement plus élevée en forêt qu'au L31 (Figure 10).

Tableau 12. Résultats statistiques ($p > F$) pour la densité des tiges en fonction du traitement, du ravage et de l'interaction traitement*ravage.

	Traitements	Ravages	Interaction traitement et ravage
Densité des tiges au total	<0.0001	<0.0001	0.0066
Densité des tiges d'arbustes	<0.0001	0.0002	0.2669
Chv	0.5835	0.0256	0.9227
Ere	0.0396	0.0393	0.0004
Erp	0.8019	<0.0001	<0.0001

Noi	0.0723	<0.0001	0.0632
Vio	0.0006	0.0003	0.0154
Densité des tiges feuillues	0.0002	<0.0001	0.0179
Boj	0.0013	<0.0001	0.0635
Err	<0.0001	<0.0001	0.0012
Ers	0.7514	<0.0001	0.0951
Densité des tiges résineuses	0.0991	0.2056	0.7160
Pib	0.1024	<0.0001	0.1012
Pru	0.306	0.2588	0.0141
Sab	0.6956	0.8327	0.0375

Tableau 13. Résultat des tests statistiques montrant les différences significatives entre les ravages (les lettres différentes représentent des densités significativement différentes sur une même ligne).

	KLDC	NDL	L31
Densité des tiges au total	A	A	B
Densité des tiges d'arbustes	B	A	B
Chv	B	A	AB
Ere	B	B	A
Erp	B	A	A
Noi	A	A	B
Vio	B	A	A
Densité des tiges feuillues	A	B	C
Boj	A	A	B
Err	A	A	B
Ers	A	B	C
Pib	B	B	A

Tableau 14. Résultat des densités et des tests statistiques montrant les différences significatives entre les ravages et les traitements (les lettres différentes représentent des densités significativement différentes sur une même ligne).

Ravage	KLDC		NDL		L31	
	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée
Densité des tiges d'arbustes	0.4 ^C	1.2 ^{AB}	1.1 ^{BC}	1.7 ^A	0.7 ^{BC}	1.0 ^{BC}
Ere	0.02 ^B	0.008 ^B	0.02 ^B	0.008 ^B	0 ^B	0.08 ^A
Erp	0.1 ^{BC}	0.1 ^{BC}	0.3 ^{AB}	0.08 ^C	0.2 ^{BC}	0.5 ^A
Noi	0.1 ^{BC}	0.3 ^A	0.2 ^{ABC}	0.2 ^{AB}	0.02 ^C	0.02 ^C
Vio	0.1 ^B	0.7 ^B	0.5 ^B	1.3 ^A	0.4 ^B	0.4 ^B
Densité des tiges feuillues	1.2 ^B	1.9 ^A	1.0 ^B	1.4 ^B	0.4 ^C	0.5 ^C
Boj	0.1 ^{AB}	0.3 ^A	0.1 ^B	0.3 ^A	0 ^B	0.003 ^B
Err	0.2 ^B	0.5 ^A	0.09 ^B	0.4 ^A	0.005 ^B	0.04 ^B
Ers	0.8 ^{AB}	1.1 ^A	0.8 ^{AB}	0.6 ^B	0.06 ^C	0.05 ^C
Pib	0 ^B	0.003 ^B	0.003 ^B	0.003 ^B	0.03 ^{AB}	0.06 ^A
Pru	0.01 ^{AB}	0.008 ^{AB}	0.002 ^B	0.04 ^A	0.01 ^{AB}	0.003 ^B

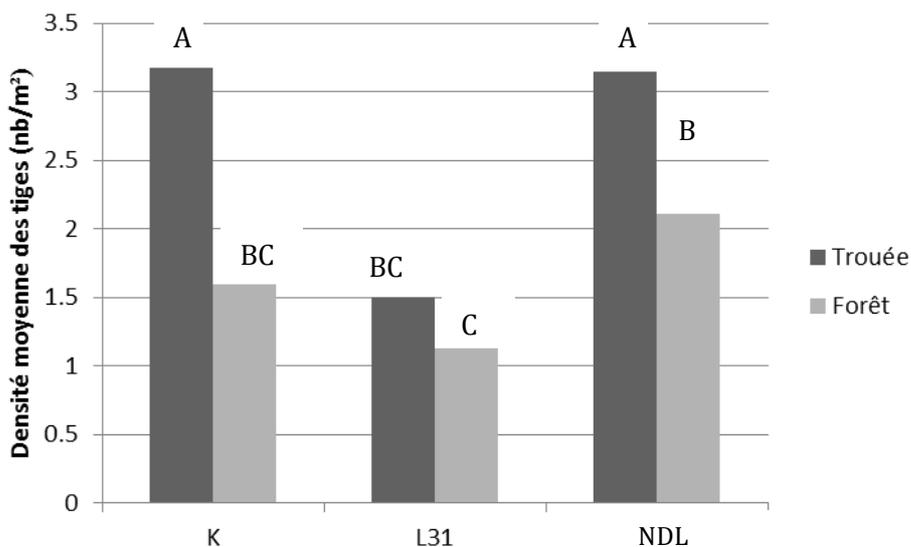


Figure 10. Densité moyenne des tiges en fonction des ravages et des traitements (des lettres différentes représentent des densités significativement différentes).

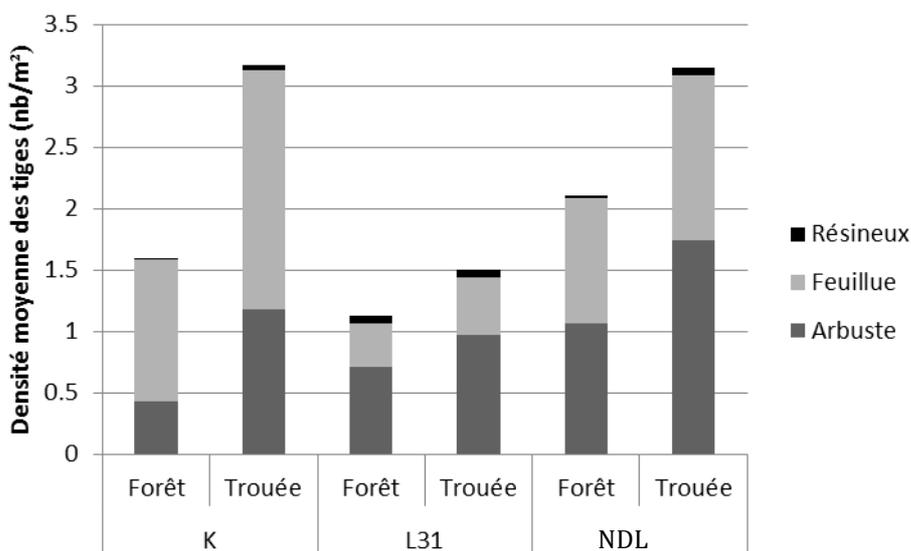


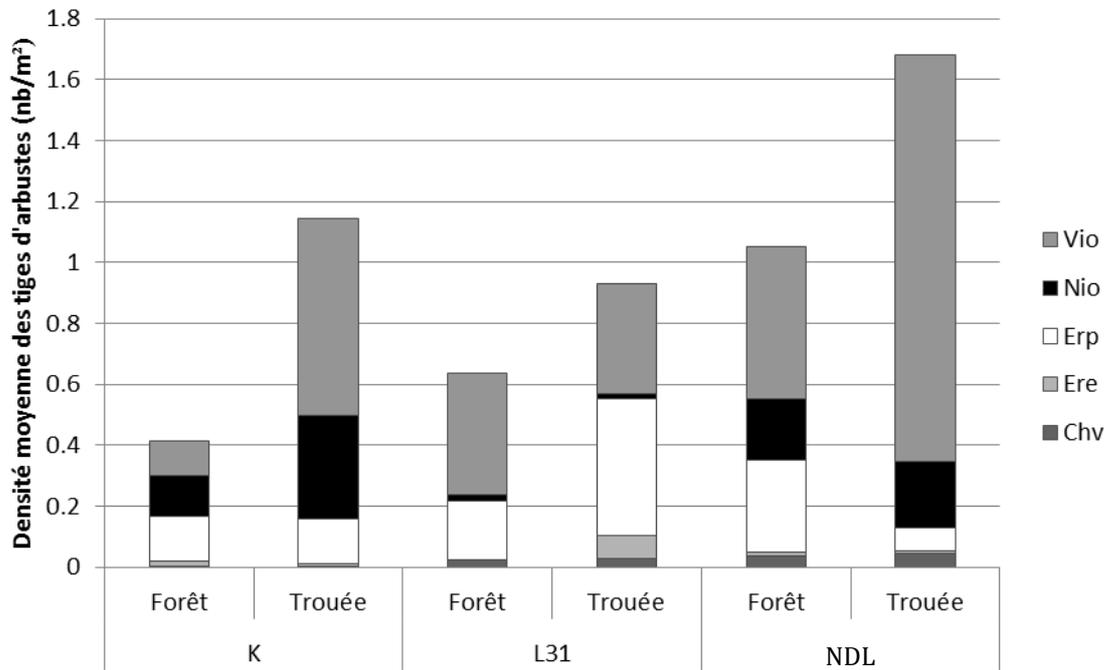
Figure 11. Densité moyenne des tiges par catégorie (arbustes, feuillues et résineux) en fonction des ravages et des traitements.

Quant aux arbustes, la densité totale est significativement plus élevée dans le ravage de NDL que dans les 2 autres (Tableau 13, Figure 11). Dans les trouées et au total, il y a significativement plus d'érable à épis au ravage L31 que dans les 2 autres (Figure 12 a, Tableau 14). Au total, il y a moins d'érable de Pennsylvanie au ravage de KLDC que dans les 2 autres (Tableaux 13 et 14). Par ailleurs, au total et dans les trouées, on retrouve moins de noisetier au L31 que dans les 2 autres ravages (Figure 12 a, Tableau 14). Finalement on retrouve la viorne en densité significativement plus faible au ravage KLDC que dans les 2 autres, dans les trouées la densité étant significativement plus forte dans le ravage de NDL (Tableaux 13 et 14).

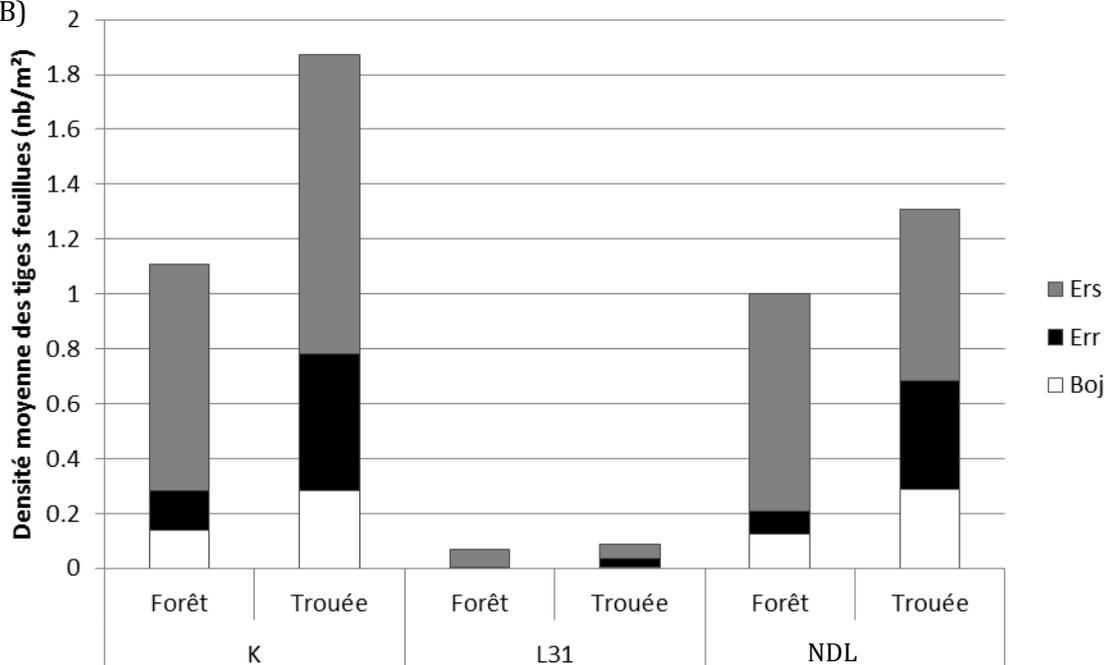
Pour le total des tiges feuillues, ainsi que pour l'érable à sucre, la densité est significativement plus grande au ravage de KLDC > NDL > L31 (Tableau 13). Pour ce qui est du bouleau jaune et de l'érable rouge, les densités sont plus faibles au ravage L31 que pour les 2 autres ravages (Tableau 13, Figure 12 b). Dans les trouées, la densité en érable rouge est plus élevée que dans les forêts pour les ravages de NDL et KLDC (Tableau 14, Figure 12 b). Tandis que pour le bouleau jaune, les densités sont significativement plus élevées en trouée que dans la forêt au ravage de

NDL. Pour les tiges résineuses de pin blanc, on note des densités plus élevées dans le ravage L31 (Figure 12 c, Tableau 13). Aussi, on observe significativement plus de pruche dans les trouées qu'en forêt pour le ravage de NDL.

A)



B)



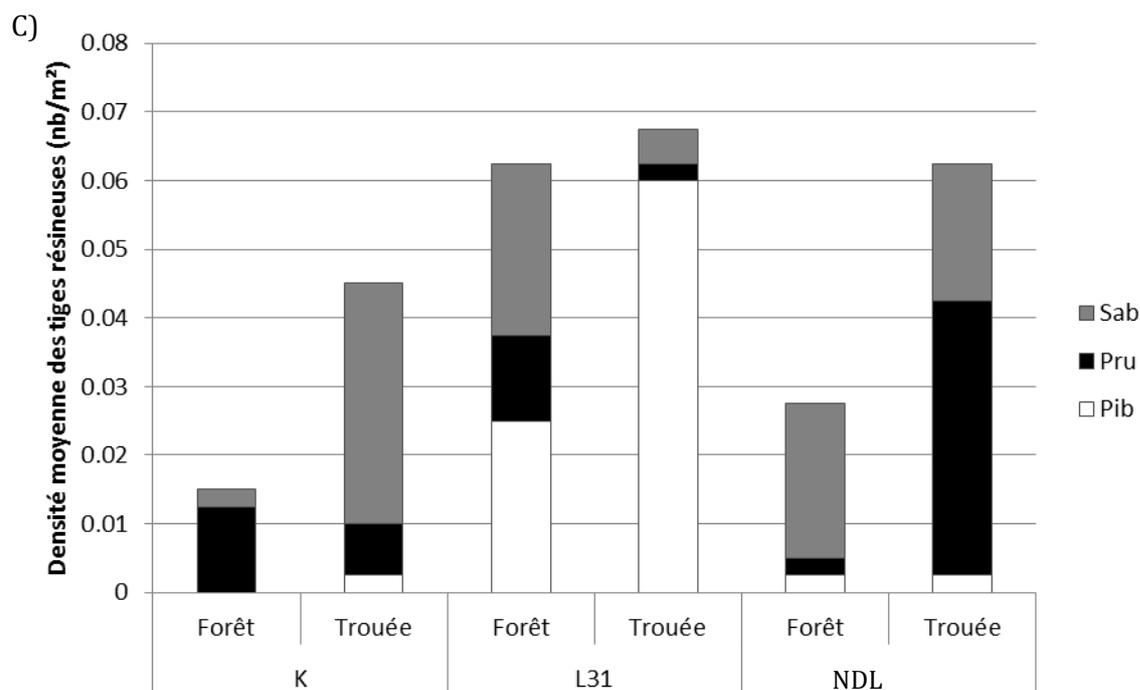


Figure 12. Densité moyenne des tiges (nb/m²), pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et C) de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.

Le type d'habitat (directement dans les zones d'abri(A)) où les trouées ont été pratiquées a été brièvement analysé selon les données écoforestières (SIG) afin de voir s'il y avait plus de régénération résineuse dans ces zones. Les principaux résultats sont présentés au Tableau 15. La densité de régénération résineuse est très faible tant dans les trouées (0.04 tiges/m²) que sous-couvert forestier (0.01 tiges/m²) dans les zones d'appellation abri (A). Par souci de précision des résultats, les analyses de l'impact de l'habitat sur la régénération ont plutôt été faites par le biais des arbres de pourtour de la trouée et de la surface terrière par essence du couvert.

Tableau 15. Densité moyenne des tiges (nb/m²), pour les arbustes, les feuillus (données pour le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et les résineux (données pour le pin blanc (Pib) et la pruche (Pru)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées situées directement dans les zones d'Abri (A), N=6.

	Abri Trouée	Abri Forêt
Densité totale (nb/m ²)	2.51	1.27
Densité d'arbustes	1.31	0.61
Densité de feuillus	1.16	0.65
Boj	0.2	0
Err	0.18	0.19
Ers	0.7	0.43
Densité de résineux	0.04	0.01
Pib	0.02	0.01
Pru	0.02	0

On note des surfaces terrières moyennes semblables entre les zones des différents ravages utilisées pour l'analyse de l'effet des coupes par trouées (Tableau 16). De plus, la surface terrière moyenne en feuillues et en résineux est aussi assez semblable. Ce qui différencie les zones à l'étude dans ces ravages est principalement situé au niveau des essences (Tableau 16).

Tableau 16. Surface terrière moyenne (prisme facteur 2) et surface terrière en essences feuillues (totale, bouleau jaune (Boj) et érable à sucre (Ers)) et résineuses (totale, pruche (Pru) et sapin baumier (Sab)) des parcelles forêts prises dans les différents transects pour les ravages à l'étude.

Surface terrière (m ² /ha)	Ravages		
	KLDC	L31	NDL
Totale	25.69	23.75	22.44
En feuillus	17.91	18.38	16.34
Bouleau jaune	6.38	1.25	1.44
Érable à sucre	8.44	3.38	9.31
En résineux	7.78	5.38	6.09
Pruche du Canada	1.47	3.25	2.59
Sapin baumier	2.81	0.25	1.88

L'Annexe 2 présente les détails des informations concernant le pourcentage de surface terrière total, en feuillus et en résineux des différentes placettes sous-couvert forestier, ainsi que l'indicateur des arbres de pourtour de la trouée total, en feuillus et en résineux.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'augmentation significative de la régénération résineuse avec l'augmentation de l'indice du pourtour de la trouée ou de la surface terrière en résineux. Les différences significatives obtenues, ainsi que les fortes tendances sont présentées ci-dessous. Les résultats montrent qu'il y a une tendance à l'augmentation de la régénération feuillue avec l'augmentation de l'indice du pourtour de la trouée en essences feuillues, notamment l'érable à sucre et le bouleau jaune. Pour la régénération arbustive, les effets de la végétation du pourtour de la trouée ou sous couvert forestier sont différents selon les espèces.

L'indicateur du pourtour de la trouée, calculé en fonction des essences et de la classe de taille, montre une corrélation positive avec l'augmentation de la densité de chèvrefeuille (Tableau 17). L'indicateur du pourtour de la trouée en érable à sucre montre aussi une corrélation positive avec la densité de viorne, de bouleau jaune et d'érable à sucre dans la trouée, et une corrélation négative avec la densité d'érable de Pennsylvanie et de pin blanc (Tableau 17). L'indicateur du pourtour de la trouée en bouleau jaune montre quant à lui une corrélation positive avec la densité d'érable rouge et de sapin baumier dans la trouée, ainsi qu'une corrélation négative avec la densité d'érable de Pennsylvanie et de pin blanc. Finalement on observe des corrélations négatives entre l'indicateur du pourtour de la trouée en pruche et la densité de noisetier, d'érable à sucre et d'essence feuillues totale.

Pour les parcelles en forêt, on observe une corrélation positive entre la surface terrière totale et la densité en noisetier, ainsi qu'une corrélation négative avec la densité de régénération en bouleau jaune (Tableau 17). La surface terrière en érable à sucre est corrélée positivement avec la densité de régénération en noisetier, en bouleau jaune et en érable à sucre. La surface terrière en sapin baumier est corrélée positivement avec la densité de régénération de bouleau jaune. On note aussi que la surface terrière en bouleau jaune est corrélée positivement avec la densité de régénération feuillue, notamment d'érable à sucre. Finalement, comme pour les trouées, on observe que la surface terrière en pruche est corrélée négativement avec la densité en noisetier.

Tableau 17. Effet du pourtour des trouées et de la surface terrière par essence du couvert forestier sur la densité moyenne des tiges (nb/m²). En Annexe 2, le %ST et l'indicateur des arbres de pourtour en feuillus et en résineux. La surface terrière totale et par essence, ainsi que l'indicateur des arbres de pourtour de la trouée ont été mis en relation avec la densité de la régénération (par catégorie et essence) à l'aide de modèle de régression linéaire.

	Densité moyenne des tiges	Effet du pourtour des trouées		Effet de la surface terrière par essences du couvert	
		Augmentation	Diminution	Augmentation	Diminution
Arbuste	Chv (0.69)	Total			ST F
	Ere (0.17)				
	Erp (0.38)				
	Nol (0.41, 0.32)				
	Vio (0.15, 0.18)				
Feuillee	Total (0.28, 0.16)	Ers	Pru	Ers, ST Pru	ST
	Boj (0.18, 0.49)				
	Err (0.22)				
	Ers (0.44, 0.22)				
Résineux	Pib (0.19)	Boj	Boj, Ers		
	Sab (0.29)				

Aucun effet de la position dans la trouée sur la densité moyenne des tiges n'a été observé (Figure 13).

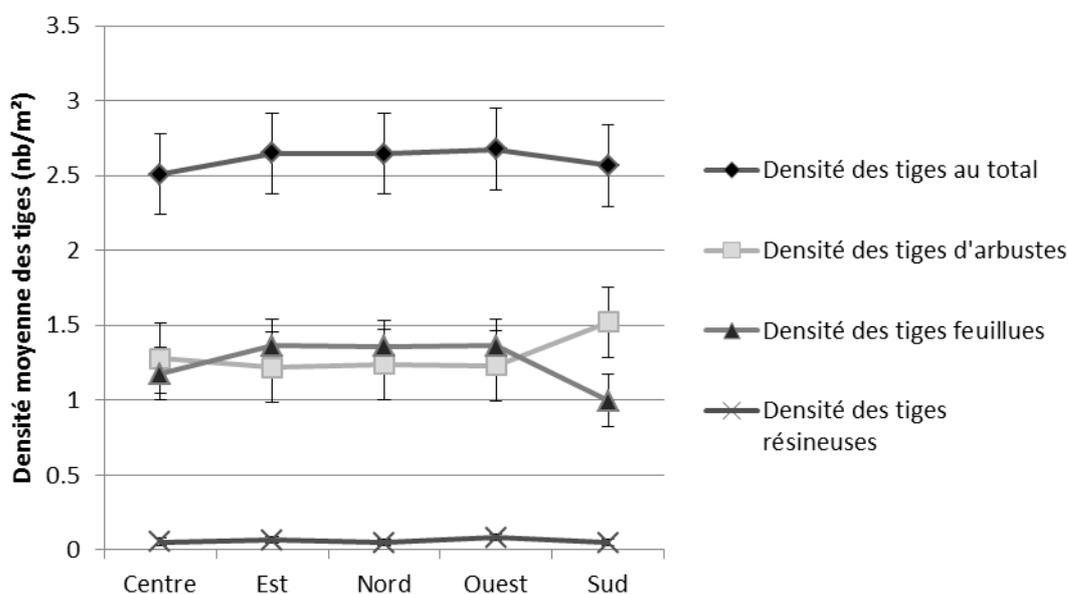


Figure 13. Densité moyenne des tiges au totale et par catégories (arbustes, feuillues et résineuses) en fonction de la position dans la trouée.

3.2.2. Effet de traitement par trouées sur le brout

La quantité totale de tiges broutées montre que près de 1503 tiges ont été broutées par le Cerf de Virginie dans les microplacettes des trouées, comparativement à 1200 tiges dans les microplacettes forêts (Tableau 18). Le pourcentage de ramilles broutées (lors de présence de brout) est très semblable soit environ 51% dans les trouées et sous-couvert forestier (Tableau 18). Ainsi, pour les mêmes superficies, il y a eu un peu plus de nourriture (tiges et/ou ramilles

broutées) en quantité absolue utilisée par le cerf dans les trouées que sous-couvert forestier (Tableau 18). Cependant, l'estimation du pourcentage de ramilles broutées sur le total de ramilles disponibles montre qu'il est plus élevé sous-couvert forestier (32%) comparativement aux trouées (24%) (Tableau 18).

Tableau 18. Quantité absolue de tiges et de ramilles broutées et disponibles, ainsi qu'une estimation du pourcentage de ramilles broutées sur le total de ramilles disponibles pour les parcelles forêts et trouées.

	Forêt	Trouée
Nombre de tiges	1935	3131
Nombre de tiges broutées	1200	1503
Nombre de ramilles (lors de brout)	6559	7817
Nombre de ramilles broutées (lors de brout)	3348	3957
% de ramilles broutées (lors de brout)	51%	51%
Estimation du pourcentage de ramilles broutées sur le total de ramilles disponibles	32%	24%

En forêt, un très fort pourcentage de tige sont broutées, soit environ 60% pour les feuillus, 65% pour les arbustes et près de 71% pour les résineux. Dans les trouées, on observe aussi de forts pourcentages, soit environ 44%, 52% et 56% respectivement. Il y a significativement moins de tiges non broutées en forêt comparativement à en trouée. En effet, on note des densités moyennes de tiges non broutées de près de 2,25 fois plus faibles en forêt (Figure 14). Le pourcentage moyen des tiges broutées, que ce soit des résineux, des feuillus ou des arbustes, est toujours plus élevé d'au moins 10% dans la forêt comparativement aux trouées (Figure 15). Il y a significativement plus de tiges broutées en proportion pour le total et pour les feuillus sous couvert forestier que dans les trouées.

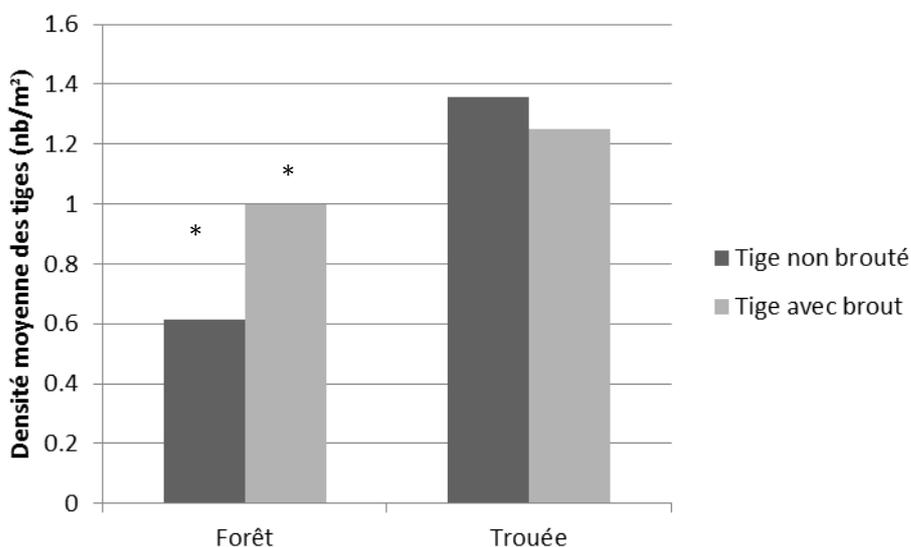


Figure 14. Densité moyenne des tiges avec et sans brout dans les trouées et sous couvert forestier.

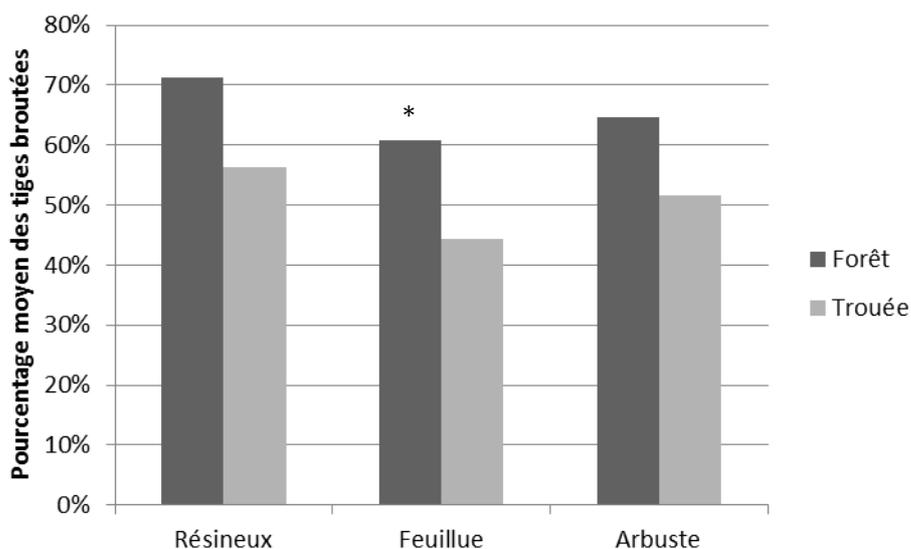


Figure 15. Proportion de la densité moyenne des tiges résineuses, feuillues ou d'arbustes broutés (en pourcentage), dans les trouées et sous couvert forestier.

Tableau 19. Résultats statistiques ($p > F$) pour la proportion des tiges broutées en fonction du traitement, du ravage et de l'interaction traitement*ravage.

	Traitements	Ravages	Interaction traitement et ravage
Proportion des tiges broutées	0.0045	0.0042	0.7426
Proportion des tiges d'arbustes broutées	0.0854	0.0013	0.0603
Chv	0.9759		
Ere	0.5269		
Erp	0.1269		
Noi	0.1180		
Vio	0.0342		
Proportion des tiges feuillues broutées	0.0017	0.2146	0.0789
Boj	0.5370		
Err	0.1052		
Ers	0.1000		
Proportion des tiges résineuses broutées	0.0611	0.1378	0.3120
Pib	0.3532		
Pru	0.7477		
Sab	0.1107		

Pour l'érable à sucre, le noisetier, la viorne, le pin blanc et le sapin baumier, on observe une tendance à l'augmentation de la proportion des tiges broutées en forêt, comparativement à en trouée (plus de 15%) (Figure 16a, b et c), cette différence étant démontrée significativement seulement avec la viorne. Par ailleurs, seulement l'érable à épis montre la tendance inverse à plus de 15% (Figure 16 a) (Détail des résultats en Annexe 3).

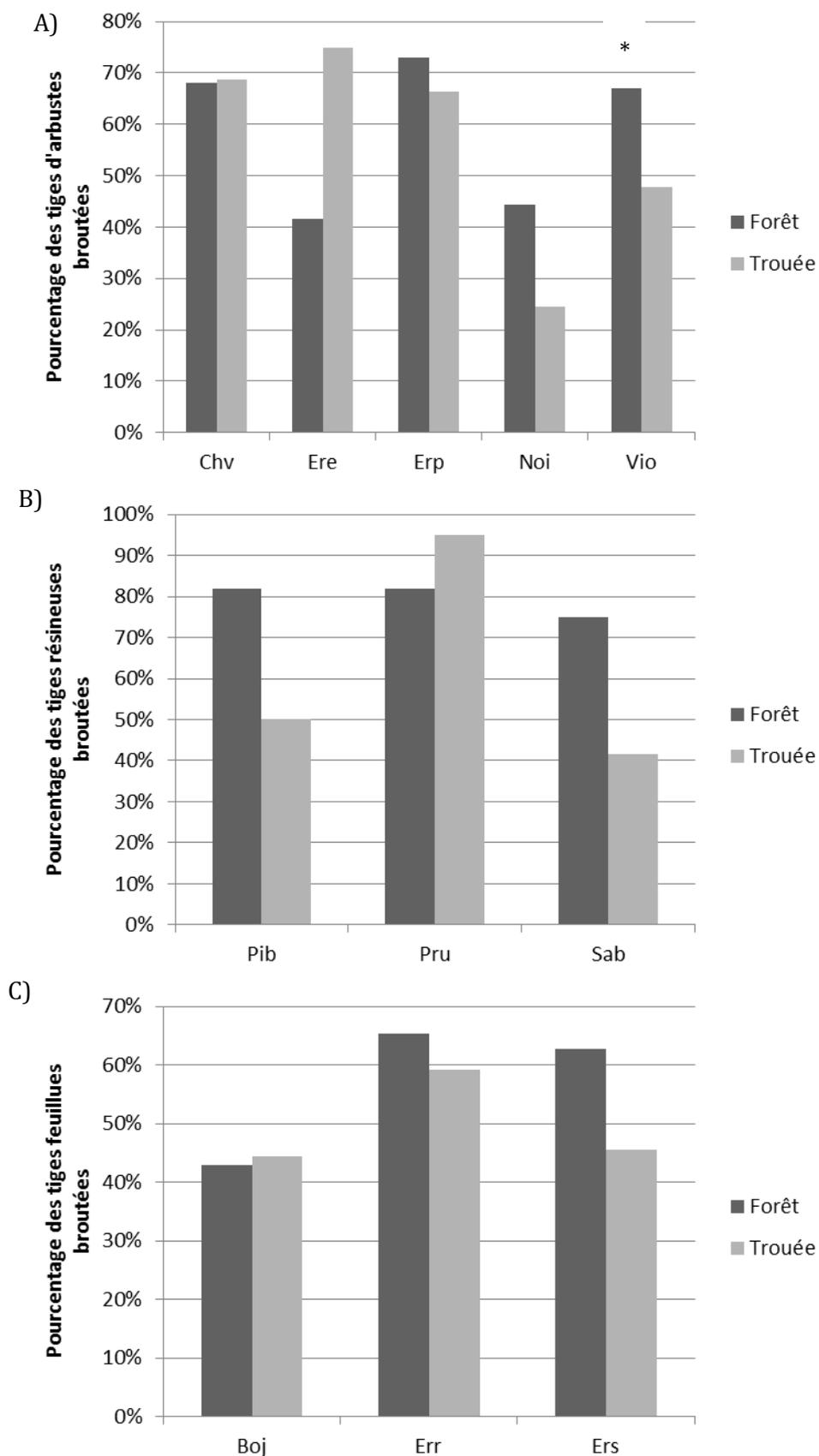


Figure 16. Proportion des tiges broûtées (en %), pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et C) de résineux (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

Au total, il y a une proportion de tiges broutées significativement plus grande au ravage L31 qu'aux ravages KLDC et NDL, ceux-ci n'étant pas significativement différents (Tableau 19). Pour tous les ravages, on observe une tendance à l'augmentation de la proportion des tiges broutées en forêt (plus de 10%), comparativement à en trouée (Figure 17).

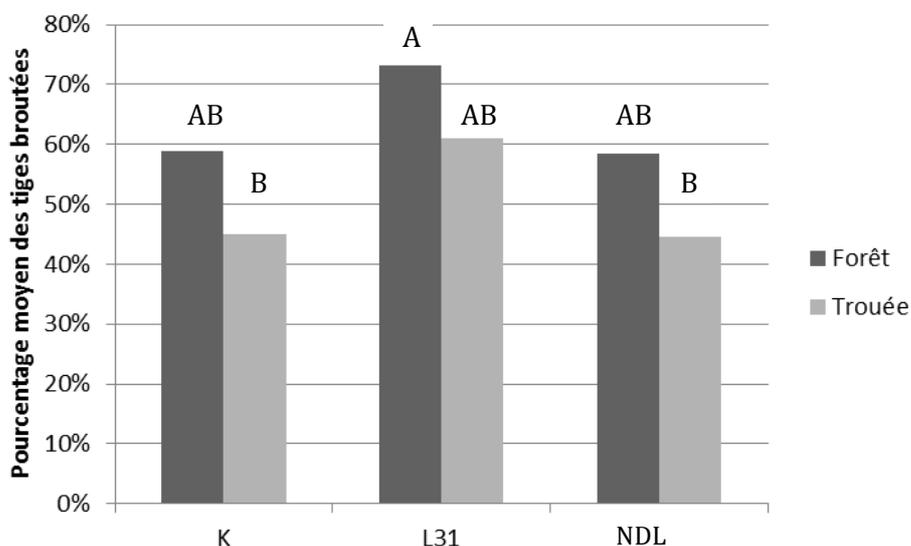


Figure 17. Proportion des tiges broutées (en %), dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.

De même par catégorie d'essences (résineux, feuillues et arbustes), on observe aussi une tendance à avoir une plus grande proportion de tige brouté sous couvert (plus de 10%), sauf pour les arbustes au L31 et les résineux à NDL (Figure 18). Pour le ravage L31, la proportion des tiges feuillues broutées est significativement plus élevée sous couvert forestier que dans les trouées (Figure 18). Les arbustes sont significativement plus broutés dans les trouées au ravage L31 que dans les 2 autres ravages (Annexe 6).

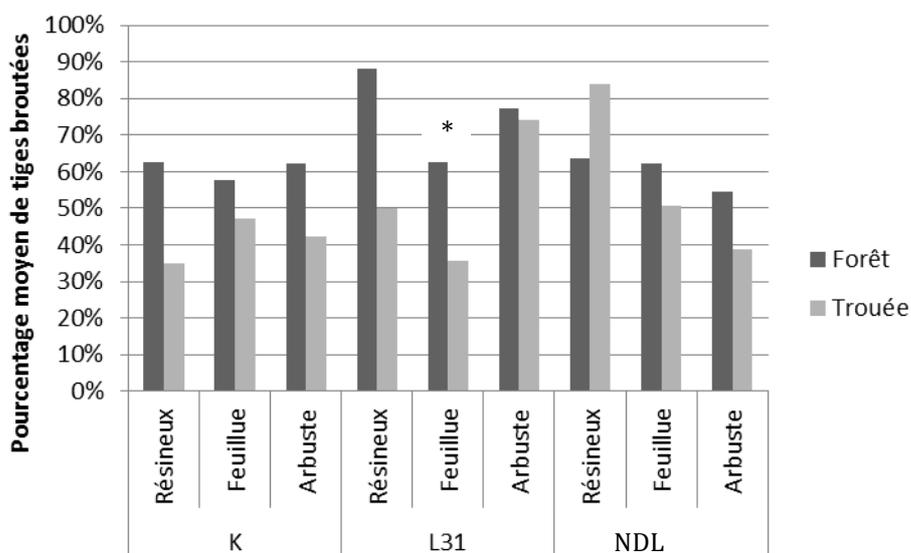


Figure 18. Proportion des tiges broutées (en %) par catégories (arbustes, feuillues et résineux), dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.

Les densités des tiges broutées et non-broutées sous couvert forestier et dans les trouées pour les différentes essences par ravage sont présentées à la figure 19. Pour les feuillus, on observe la

stratégie moitié-moitié, c'est-à-dire que le brout est bien présent dans toutes les conditions, pour toutes les essences, mais on retrouve aussi une bonne proportion de tiges non-broutées (à l'exception des très faibles densités) (Figure 19 a).

Pour les tiges résineuses, on observe soit un brout très important, et presque pas de tiges non-broutées, soit un brout très faible ou absent, excepté pour le pin blanc dans les trouées au ravage L31 et le sapin baumier au ravage NDL (Figure 19 b). Pour les arbustes, dans toutes les conditions et pour toutes les essences, le brout semble toujours être de plus de 50% dans le ravage L31. À NDL et KLDC, le brout est variable selon les traitements et les essences (Annexe 6).

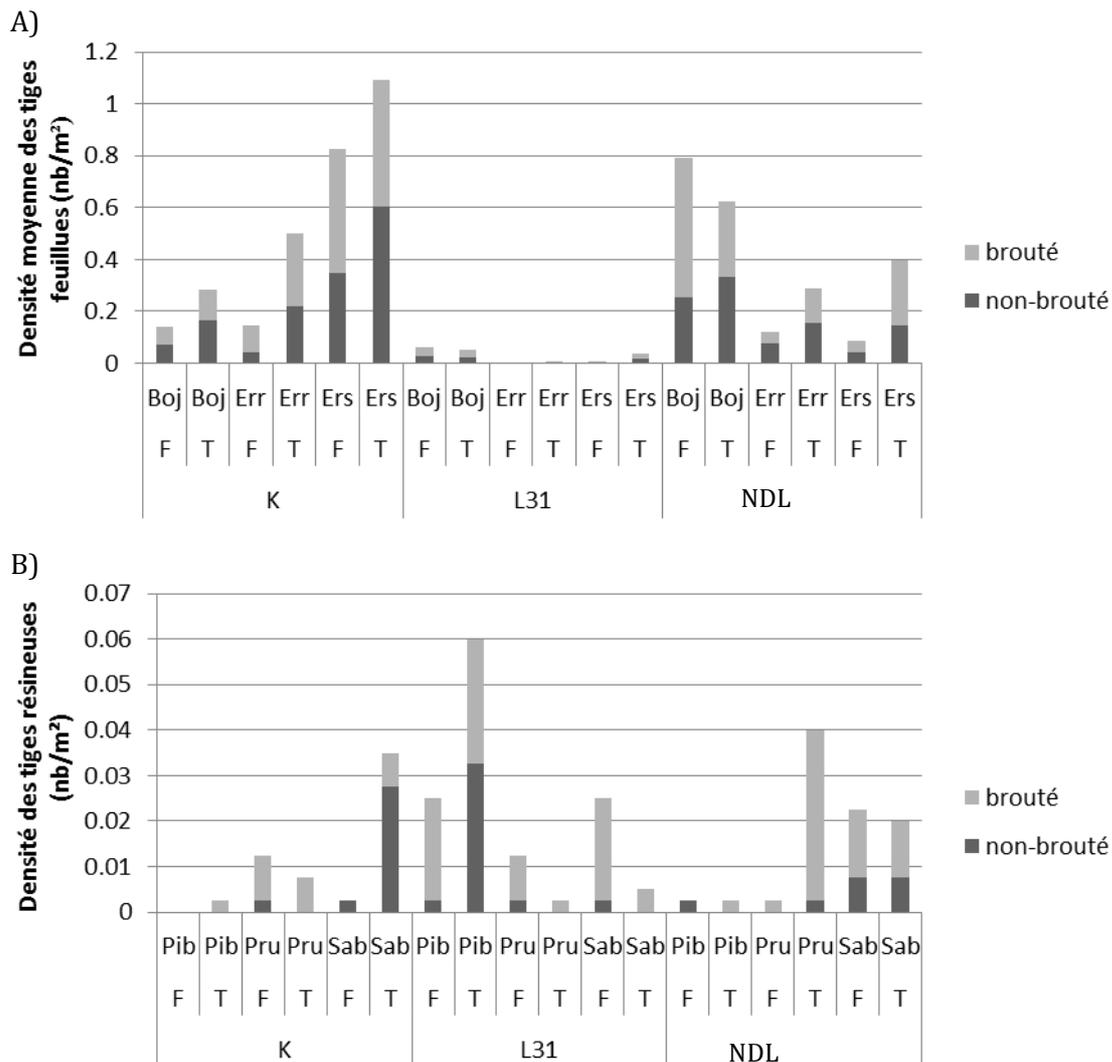


Figure 19. Densité des tiges broutées et non-broutées, pour les essences A) feuillues (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) et B) résineuses (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées dans les différents ravages.

Parmi les tiges broutées, nous avons un total de 2776 ramilles d'arbustes et 3783 ramilles de feuillus disponibles en forêt. Ces chiffres sont de 3841 ramilles d'arbustes et 3958 ramilles de feuillus disponible dans les trouées. Lorsqu'il y a brout, le pourcentage moyen de ramilles broutées est très semblable en forêt et en trouée, soit respectivement de 57 et 58% des ramilles pour les arbustes et de 47 et 45% des ramilles pour les feuillus (Figure 20).

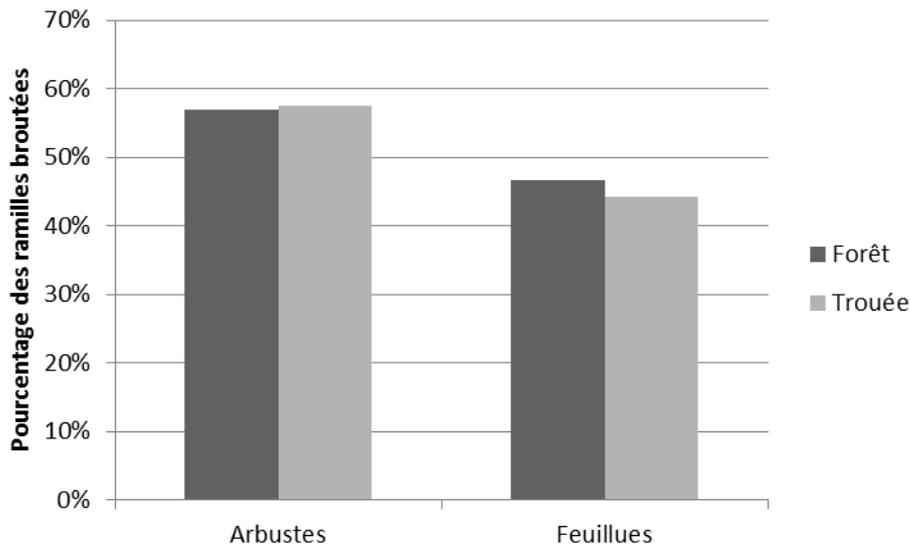
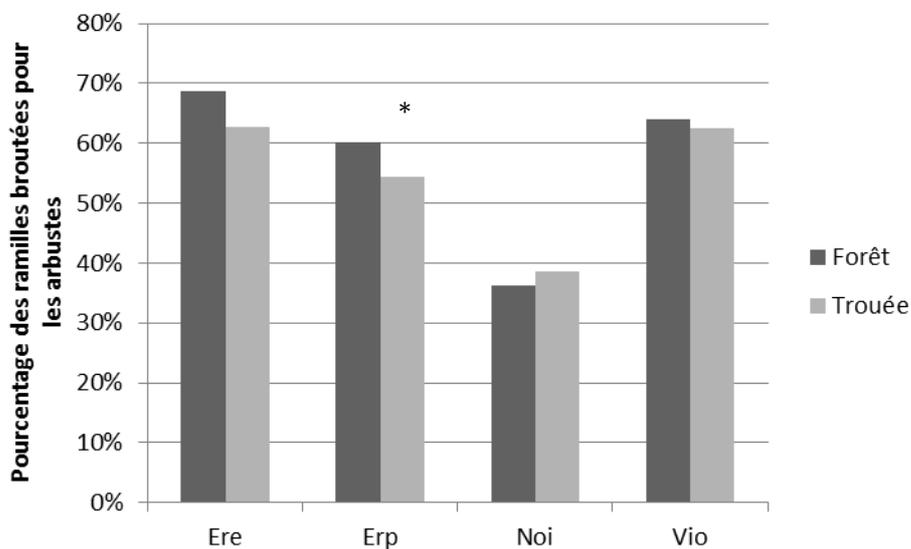


Figure 20. Proportion de ramilles broutées (en %) pour les tiges d'arbustes et de feuillus ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

Pour toutes les essences feuillues, on observe des pourcentages de ramilles broutées très semblables dans les trouées, soit entre 44 et 47%, tandis que dans les forêts, le pourcentage de ramilles broutées chez le bouleau jaune est moins élevé (environ 37%) que pour l'érable rouge (environ 56%) et l'érable à sucre (environ 46%), (Figure 21 b). Cependant, aucune différence significative entre les forêts et les trouées n'a été observée. Chez les arbustes, on note que le pourcentage de ramilles broutées chez le noisetier est plus faible que chez les autres essences (Figure 21 a). Pour l'érable de Pennsylvanie, le pourcentage de ramilles broutées est significativement plus élevé en forêt qu'en trouée (Figure 21 a).



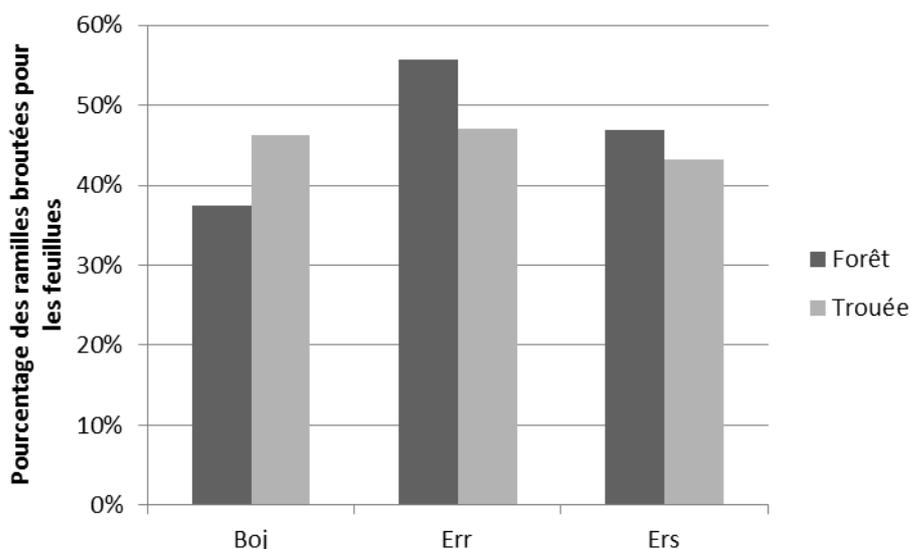


Figure 21. Proportion de ramilles broûtées (en %) pour les essences les plus denses A) d'arbustes (soit l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)) et B) de feuillus (soit le bouleau jaune (Boj), l'érable rouge (Err) et l'érable à sucre (Ers)) pour les tiges ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées.

Pour les ravages pris séparément, on note que le pourcentage moyen de ramilles d'arbustes broûtées (au total, en forêt et en trouée) est significativement moins important dans le ravage de NDL que les 2 autres (Figure 22). Cependant, on n'observe pas d'effet de traitement sur le pourcentage de ramilles broûtées pour les arbustes et les feuillus dans les différents ravages (Figure 22). Les résultats des tests statistiques sont présentés à l'Annexe 7.

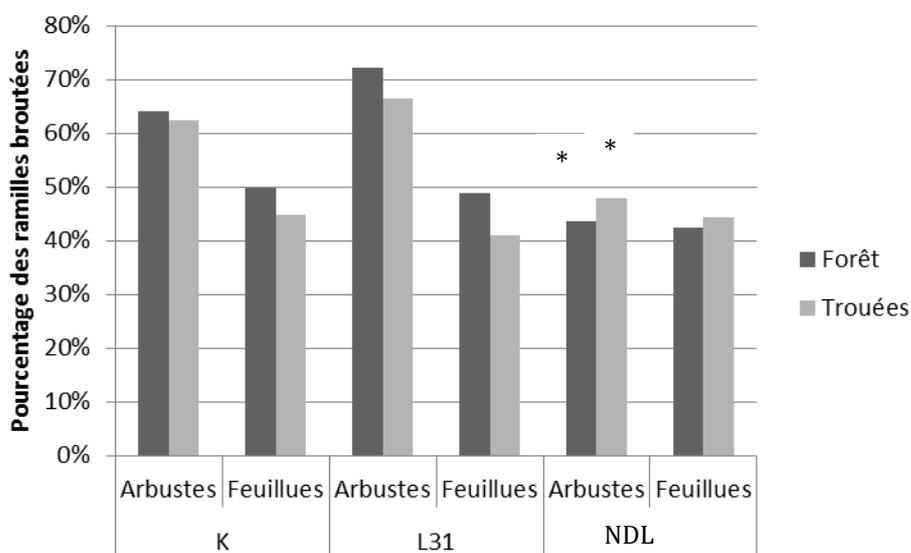


Figure 22. Proportion de ramilles broûtées (en %) pour les tiges d'arbustes et de feuillus ayant subi le brout dans les parcelles forêts et les parcelles trouées pour les différents ravages.

L'intensité moyenne du brout pour les essences résineuses est très variable selon les ravages, le traitement et les essences. On note, entre autres, une forte intensité moyenne de brout pour le pin blanc dans les trouées du ravage de NDL, pour la pruche dans les trouées de KLDC et L31, ainsi que pour le sapin dans la forêt du ravage L31 (Figure 23).

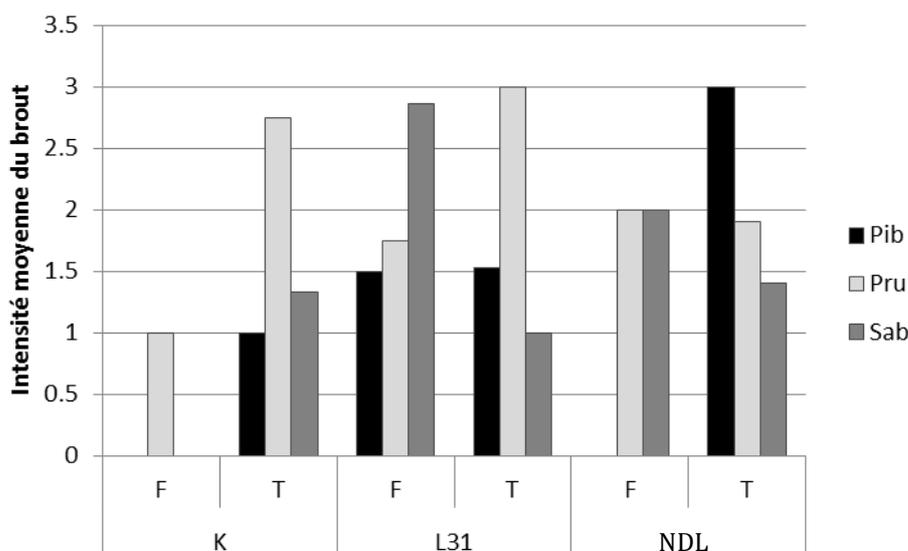


Figure 23. L'intensité moyenne du brout des essences résineuses (soit le pin blanc (Pib), la pruche (Pru) et le sapin baumier (Sab)) dans les parcelles forêts et les parcelles trouées dans les différents ravages.

Aucune corrélation significative n'a été observée entre l'indicateur hauteur/diamètre au collet et l'intensité du brout pour les essences résineuses (Annexe 8), qui serait possiblement due à la faiblesse de la régénération résineuse. Aucun effet de la position dans la trouée sur le brout des tiges n'a aussi été observé.

Dans les zones d'appellation abri, on observe que le brout, notamment des essences résineuses, semble plus important sous-couvert forestier que dans la trouée (Tableau 20). Cependant, les très faibles effectifs de tiges résineuses ne permettent pas de conclure à ce sujet.

Tableau 20. Densité moyenne des tiges (nb/m²) et pourcentage de tiges broutées (%), pour les feuillus et les résineux dans les parcelles forêts et les parcelles trouées situées directement dans les zones d'Abri (A), N=6.

	Abri Trouée	Abri Forêt
Densité totale (nb/m ²)	2.51	1.27
% de tiges broutées	38%	54%
Densité de feuillus	1.16	0.65
% de tiges feuillues broutées	50%	57%
Densité de résineux	0.04	0.01
% de tiges résineuses broutées	25%	100%

3.2.3. Effet de traitement par trouées sur l'utilisation par les cerfs de Virginie en hiver (épaisseur de neige, crottin et piste)

L'épaisseur de la neige est plus grande dans les trouées que sous couvert forestier. Les résultats montrent des différences significatives ($p < 0.0001$) entre traitement (forêt/trouée), de l'ordre de 15 cm en moyenne, tous secteurs confondus (Figure 24). Rappelons qu'on compte environ 160 placettes de chaque milieu (trouée/forêt). Selon les ravages, on compte entre 74 et 114 placettes.

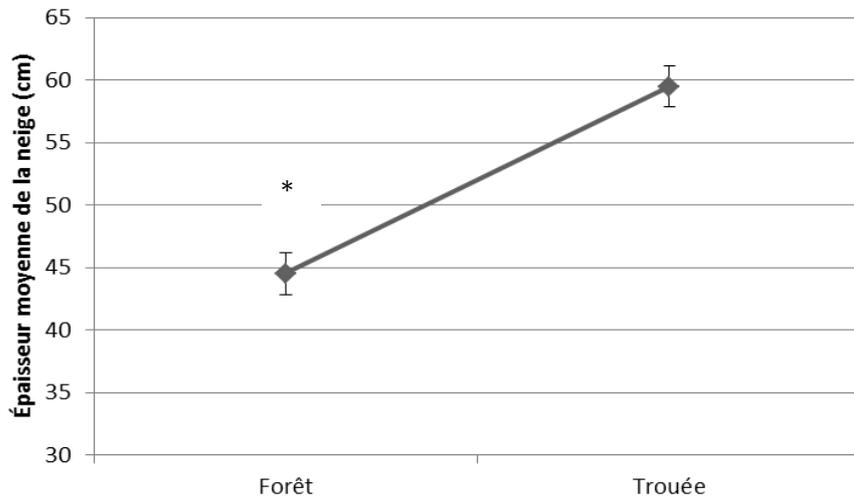


Figure 24. Épaisseurs de neige moyennes sous couvert et en trouée, tous secteurs confondus.

Entre secteurs, quel que soit le type d'habitat, on observe des variations de 3 cm au maximum (Figure 25). L'épaisseur de neige est tout de même significativement ($P < 0.0015$) plus élevée pour le ravage de NDL que pour le ravage L31 et de KLDC.

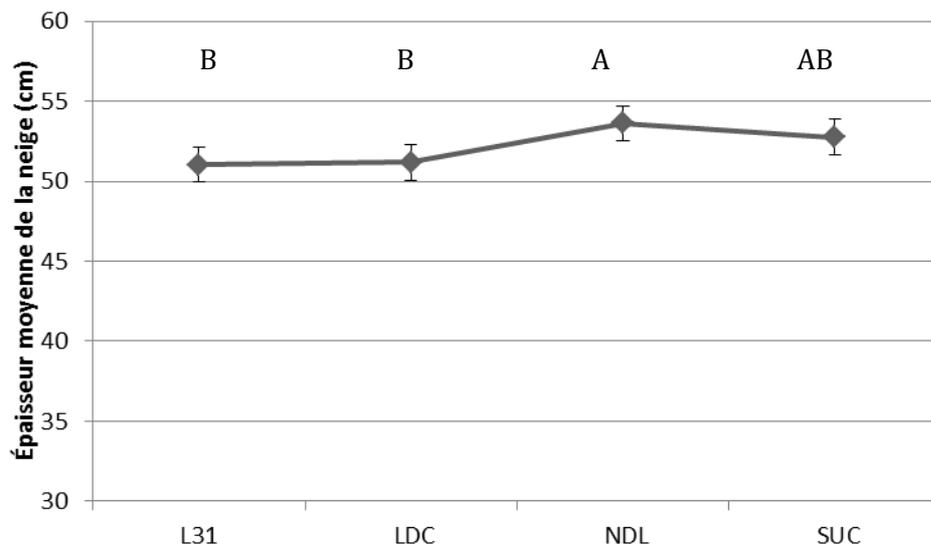


Figure 25. Épaisseurs de neige moyennes dans les différents ravages.

En considérant les facteurs traitement et ravage, on obtient des différences de 9 à 15 cm d'épaisseurs de neige entre les trouées et sous couvert forestier, suivant les secteurs : 9 cm au Lac des Trente-et-Un Milles, 15 cm à Kiamika-Lac-du-Cerf, 20 cm pour Notre-Dame-du-Laus et 15 cm pour le ravage Lac Sucrierie (Figure 26).

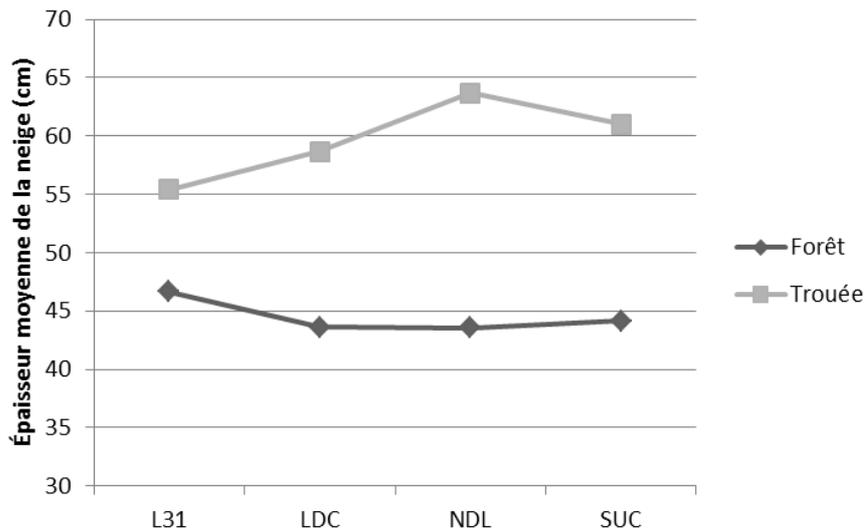


Figure 26. Épaisseurs de neige moyennes dans les différents ravages sous couvert forestier et en trouée.

L'épaisseur de neige est significativement plus élevée lorsque le couvert forestier est majoritairement feuillu. Lorsque le couvert est plus résineux, il y a, en moyenne, 7 cm de moins de neige (Figure 27). L'épaisseur de neige est significativement plus élevée dans le centre de la trouée qu'au nord et au sud (Figure 28). On observe des différences moyennes d'environ 4 cm. L'épaisseur de neige est aussi significativement plus faible à 10 m du centre de la trouée qu'à 0,5 m et 20 m (Figure 29). On observe une différence moyenne d'environ 6 cm.

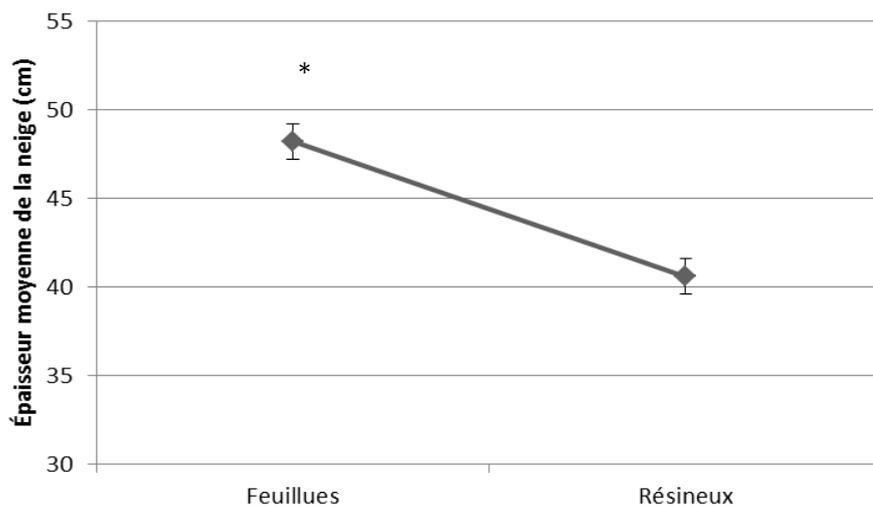


Figure 27. Épaisseurs de neige moyennes pour les couverts plus feuillus et les couverts plus résineux.

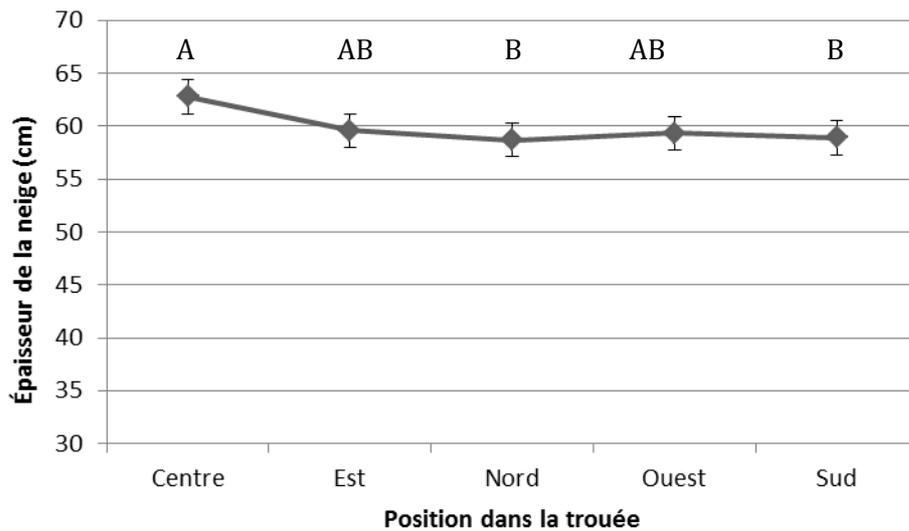


Figure 28. Épaisseurs de neige moyennes dans la trouée selon la position (centre, est, nord, ouest et sud).

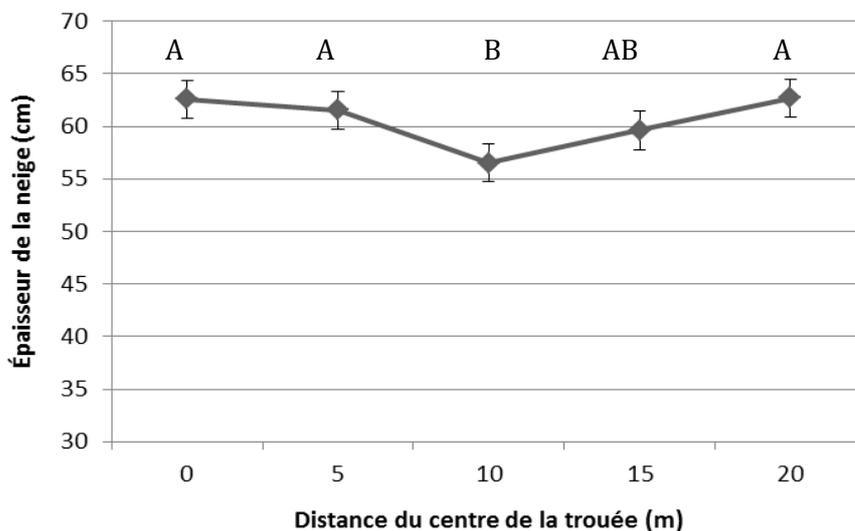


Figure 29. Épaisseurs de neige moyennes dans la trouée selon la distance du centre (soit 0,5, 10, 15 et 20 m).

Pour tous les secteurs considérés, H_0 est rejetée, ce qui implique que la fréquence de présence du cerf de Virginie est significativement différente, en trouée et sous couvert. Les cerfs fréquentent plus abondamment le sous-couvert que les trouées (Figure 30). Sous couvert forestier, on observe aussi une différence entre les résineux et les feuillus, soit une plus grande fréquence de présence du cerf lorsque le couvert est résineux (Figure 31). Les résultats montrent aussi que H_0 est rejetée pour les quatre ravages, soit qu'on observe toujours une fréquence de présence significativement plus élevée par le cerf de Virginie en forêt qu'en trouée (Figure 32).

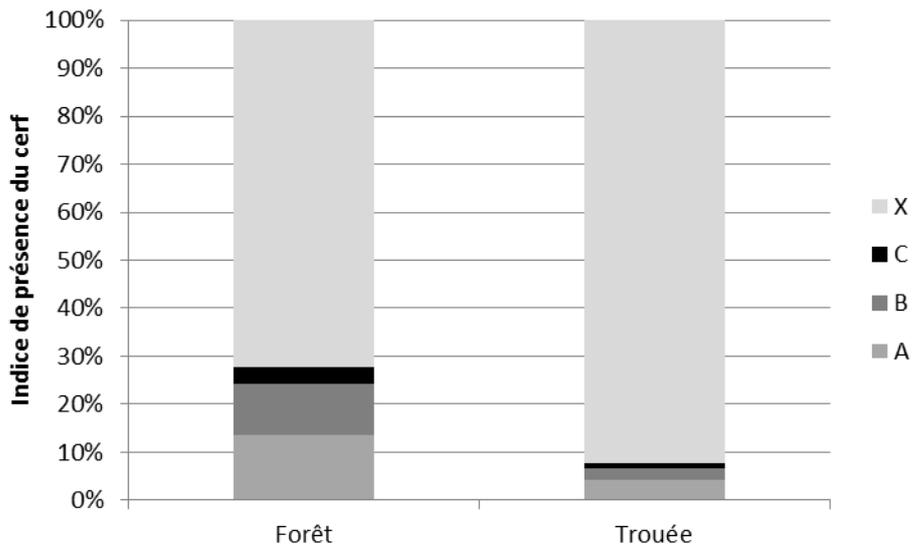


Figure 30. Indice de présence du cerf sous couvert forestier et en trouée.

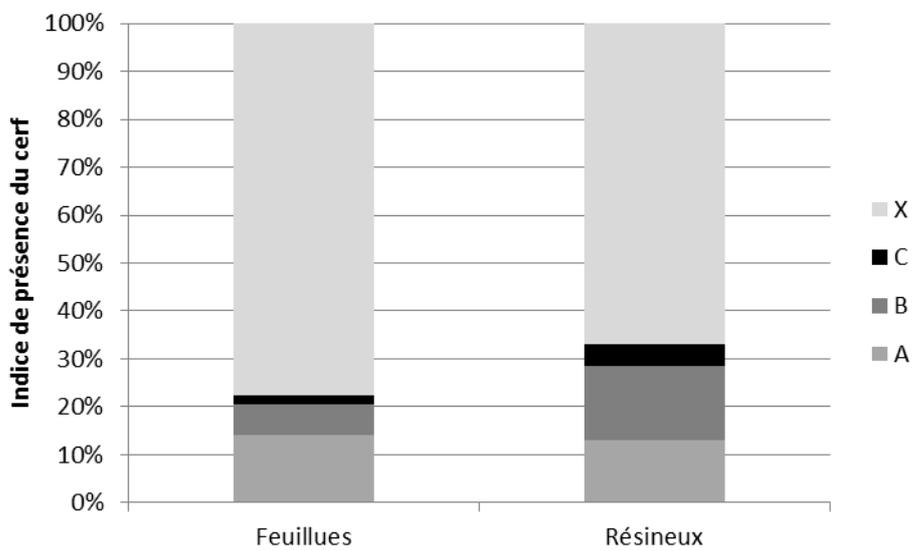


Figure 31. Indice de présence du cerf sous couvert majoritairement feuillu ou majoritairement résineux.

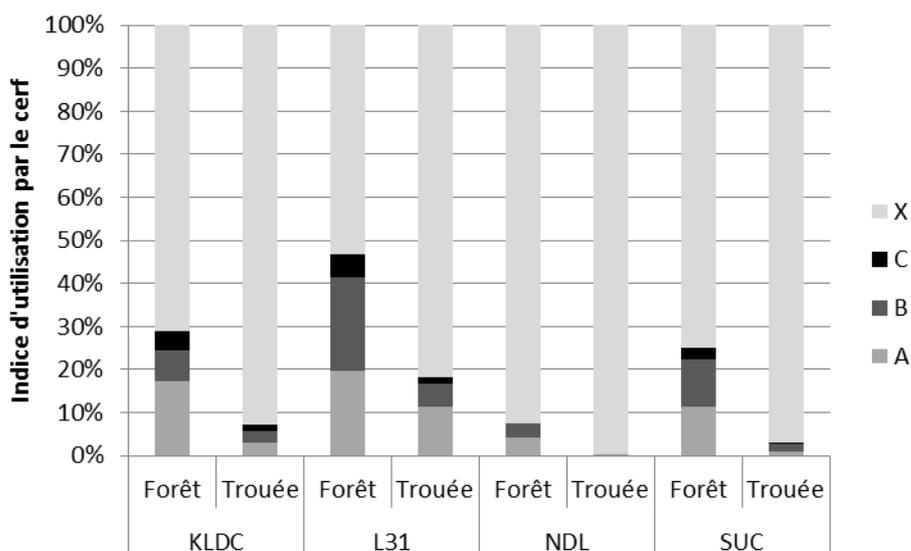


Figure 32. Indice de présence du cerf sous couvert forestier et en trouée pour les différents ravages.

4 Discussion

4.1 Perte d’abri dans le passé et manque d’abri au présent

Tous ravages confondus, la quantité d’abri a diminué de plus de 50% (Tableau 8), passant de 28% à 12% (Figure 3) dans les 40 dernières années. Cette diminution fut plus importante entre le 1^{er} et le 3^{ème} décennal qu’entre le 3^{ème} et le 4^{ème} décennal (Figure 5 a). Les proportions d’abri recommandées sont d’au moins 20%. Ainsi, cette perte importante rend les proportions d’abri en deçà de cette norme dans tous les ravages à l’étude (Tableau 21), sauf celui du L31, où la proportion d’abri a passé de 52 à 27% (Figure 4). Toutefois, pour la portion Outaouais de ce même ravage, on observe une proportion d’abri trop faible (Roy et Doyon 2011). Certains ravages avaient suffisamment d’abri avant, mais ont perdu cet atout, comme le ravage du Lac David, avec une perte de plus de 93%, et le ravage de KLDC, avec une perte de 63% (Figure 4). Vers le milieu des années 1980, on note déjà un manque dans les peuplements à dominance résineuse, évalué à 19% de la superficie du ravage de KLDC (Breton *et al.* 1988). Pour les périodes étudiées, d’autres ravages n’ont jamais eu la quantité requise d’abri, soit le ravage de La Macaza, de NDL et de Lac Sucrierie (Figure 4). Cependant, il est important de savoir que les zones de ravages évoluent dans le temps (la dimension du territoire et l’affectation change) et que le changement de ces zones peut entraîner des biais face à la compréhension de la diminution des abris.

On ne retrouve pas de compensation pour ces pertes avec les perturbations ou les traitements analysés (Tableau 9). Les traitements (anthropique partiel ou total) réalisés dans les derniers décennaux diminuent la proportion de zones d’abri, les coupes partielles étant responsables de 50% des pertes d’abri. Aussi, après une perturbation anthropique totale, très peu de territoire, soit environ 7.5%, conserve sa fonction d’abri (Tableau 9). De plus, les perturbations naturelles partielles ou totales recensées dans les inventaires décennaux, comme la TBE, n’augmentent pas non plus ces zones d’abri. Les perturbations naturelles totales favorisent les zones de nourriture, tandis que les perturbations partielles, notamment les épidémies de TBE, favorisent les zones de nourriture-abri. En somme, le meilleur scénario pour conserver les zones d’abris semble être l’absence de perturbation (Tableau 9). La présente étude montre aussi que les traitements par trouée n’augmentent pas significativement la densité en essences résineuses (Figure 6).

On recommande des proportions de nourriture-abri d’au moins 20-30% dans les ravages. La 4^e version du Guide d’aménagement introduira un objectif de 25% de nourriture-abri qui

s'ajoutera aux objectifs d'abri (Michel Hénault, communication personnelle). Actuellement, la quantité de nourriture-abri est satisfaisante pour tous les ravages, sauf pour le ravage Lac Sucrierie, avec environ 17% de nourriture-abri (Figure 5). Au cours des 40 dernières années, la proportion totale a passé de 23% à 33%. Cette augmentation est notamment due aux pertes d'abri par les perturbations partielles (Figure 5 et Tableau 9).

Pour les zones de nourriture, celles-ci ont augmenté de 5% à 14% au cours des 40 dernières années (Figure 3). Ces quantités sont comparables à celles de ravages des régions voisines (Roy et Doyon 2011).

Tableau 21. Quantité requise ou non d'abri, de nourriture et de nourriture-abri dans les différents ravages selon les données disponibles dans la présente étude.

<i>Ravages</i>	<i>Abri</i>	<i>Nourriture-abri</i>	<i>Nourriture</i>
Lac Trente-et-Un Milles	√	√	√
Lac David		√	√
Kiamika-Lac-du-Cerf		√	√
La Macaza		√	√
Notre-Dame-du-Laus		√	√
Lac Sucrierie			√

4.2 Problématiques à prévoir pour le futur

A) Le cerf de Virginie menace-t-il la régénération feuillue?

La densité moyenne des tiges feuillues est très élevée, soit plus de 1/m², au ravage de NDL et de KLDC, peu importe le traitement (Figure 11). La densité en tiges feuillues est au moins la moitié moins élevée dans le ravage du L31 (Figure 11). Ces densités permettent tout de même de perpétuer des peuplements feuillus d'avenir. Les essences feuillues sont très bien représentées, occupant 50 ±3% de la proportion des tiges, peu importe le traitement (Figure 8). Le brout est présent pour les tiges feuillues, touchant environ 60% des tiges sous couvert forestier (Figure 15), les érables étant plus broutés que le bouleau jaune (Figure 16c). Cependant, le brout présent dans les différents ravages et les différents traitements ne semble pas assez élevé pour menacer de façon significative la survie des semis feuillus. En effet, dans une étude des ravages voisins, on note que peu d'essences feuillues montrent des taux de survie plus faible, lorsque plus de 66% des ramilles sont broutées, la survie de l'érable à sucre, du bouleau blanc et de l'érable rouge n'étant pas significativement diminuée par ce brout (Goudreault 2007). Le taux moyen de brout pour les ramilles feuillues observées dans la présente étude, soit de 46% en moyenne en forêt (Figure 20) et ne dépassant pas 56% peu importe le traitement pour les différentes essences feuillues analysées (Figure 21 b), ne nuirait donc pas significativement à la survie et la croissance de ces essences. Il est connu que les érables sont très tolérants au brout, augmentant même leurs productions en présence de brout. Par exemple, l'érable à épis est connu pour supporter des taux de bout de plus de 80 % des ramilles (Aldous 1952, Gill et Hèaly 1974). Ainsi, il semble que la régénération feuillue des ravages à l'étude ne soit pas à risque. Cependant, outre les érables, d'autres essences plus rares ou moins tolérantes au brout (résultats présentés en Annexe 5) comme le chêne rouge, le tilleul d'Amérique et les cerisiers, risquent d'être fortement diminuées. Pour le chêne rouge par exemple, sur les 22 tiges mesurées, 14 tiges ont été broutées par le Cerf de Virginie.

B) Le cerf de Virginie menace-t-il la régénération résineuse ?

On a évalué la densité de semis résineux minimale pouvant perpétuer des peuplements d'abri à plus de 0,13/m² (Roy et Doyon 2011). Dans tous les ravages et pour tous les traitements de la présente étude, la densité en semis résineux, variant de 0,015/m² à 0,07/m², est toujours

inférieure à ce chiffre (Figure 6). Cependant, il est normal de retrouver des densités de semis résineux plus faibles dans des zones de nourriture-abri que dans les peuplements d'abri résineux. Dans une étude dans les ravages de la région avoisinante, on obtient des densités de semis résineux d'environ 0,05-0,06/m² dans les zones de nourriture-abri, associées à des densités d'environ 0,17-0,18/m² dans les abris (Roy et Doyon 2011). Le type de couvert et les essences qu'on y retrouve influencent donc grandement la régénération. La proportion de régénération résineuse reste néanmoins très faible, peu importe le traitement, soit de moins de 3% des tiges totales (Figure 7). On peut conclure que les zones mixtes (certaines associées à des peuplements de nourriture-abri ou d'abri) dans la présente étude ne sont pas suffisamment régénérées en résineux pour perpétuer ou créer des zones d'abri futures dans les ravages des Laurentides.

Dans la présente étude, la faiblesse de la densité de régénération en essences résineuses, que ce soit dans les trouées ou sous couvert forestier, est très apparente (Figures 6 et 7) pour tous les ravages (Figures 11 et 12c). De plus, on observe très peu de régénération de thuya et d'épinette de plus de 50 cm (Annexe 5), bien que les thuyas et les épinettes matures figurent parmi les arbres de pourtour et dans les placettes forêts. Plusieurs sources d'informations montrent aussi que la régénération des thuyas est presque impossible à faire sous une forte densité de cerfs (Roy et Doyon 2011, Little et Somes 1965). Le broutement par les cerfs est aussi reconnu pour avoir des conséquences négatives sur la régénération des sapins et des pruches (Alverson et Waller 1997, Michael 1992, Mladenoff et Stearns 1993, Potvin *et al.* 2003)

Une étude sur les exclos dans le ravage du L31 et à Duhamel montre que les besoins de protection physique contre le brout sont plus importants pour certaines essences résineuses que pour les essences feuillues (Goudreault 2007). Dans cette étude, la régénération du pin blanc, du sapin baumier et du thuya occidental a tardé à se manifester, et leur croissance a été plus lente que celle des feuillus, selon la densité de cerfs (Goudreault 2007). Dans une autre étude, on observe aussi que la régénération de ces essences résineuses est particulièrement vulnérable au brout (Roy et Doyon 2011). Dans une zone avec un taux de brout moyen de 34% des ramilles pour les essences indicatrices mesurées, un taux considéré élevé, on observe des pourcentages de tiges tuées généralement beaucoup plus élevés pour les résineux (50% pour le pin blanc, 18% pour le thuya et 7% pour le sapin) que pour les érables (moins de 2%) (Breton *et al.* 1988). Ainsi, les tiges résineuses, avec un indice de brout des ramilles élevé (soit plus de 60%) risquent de ne pas survivre ou de subir des dommages. C'est le cas notamment des pins blancs dans les trouées à NDL, des sapins baumiers dans la forêt pour le ravage de L31 et de la pruche dans les trouées des ravages de KLDC et L31 (Figure 23). De plus, on observe des pourcentages de tiges résineuses broutées plus élevés dans les trois ravages à l'étude (62%, 63% et 88%) sous couvert forestier et (35%, 49% et 84%) dans les trouées (Figure 18), respectivement pour KLDC, L31 Laurentides et NDL, comparativement à ceux de région avoisinante (L31, Outaouais et ravage de Duhamel) où le brout variait entre 18 et 29% selon les essences (Roy et Doyon 2011).

Comparativement avec la description de la régénération vers le milieu des années 80 pour les mêmes ravages, on note une diminution de l'importance du sapin dans la strate arbustive. En effet, pour les ravages de KLDC et de NDL, la quantité des ramilles de sapin était plus élevée, avec respectivement 38% et 56% de la production totale (Breton *et al.* 1988). L'utilisation des ramilles était faible, vu la grande quantité de ramilles disponibles. C'était l'essence la plus abondante dans la strate arbustive, suivie de l'érable à sucre. On note aussi que la pruche était plus présente dans la strate arbustive à KLDC, occupant 15% de la production totale. Aujourd'hui la densité des tiges de sapin et de pruche semblent beaucoup moins importante (Figure 12 c), expliquant le taux élevé de tige avec présence de brout (Figure 18 et 19b).

Ainsi, en résumé, il semble que dans bien des cas, la régénération résineuse, déjà faible, soit sujette à des taux de mortalité ou des difficultés de croissances importantes en raison du brout par les cerfs de Virginie.

C) Le cerf semble-t-il manquer de nourriture dans les ravages à l'étude?

Il est difficile de conclure sur cette problématique, pourtant cruciale dans les ravages de cerfs. On obtient cependant des pistes de réponse en observant la densité en tige et en ramille, dans les ravages des Laurentides. Généralement, on reconnaît des valeurs de 1 tige/m² et 10 ramilles/m² comme étant une production de nourriture moyenne et intéressante pour le cerf (Roberge *et al.* 1984, Germain *et al.* 1986). Pour le ravage de KLDC, NDL et L31, en sous-couvert forestier comme en trouée, on note des densités de tiges toujours supérieures à 1 tige/m² (Figure 10). On observe que dans les trouées, la quantité de nourriture est très satisfaisante pour les ravages de KLDC et de NDL (Figure 10).

D) Comment peut-on qualifier le brout et l'évolution du brout dans les ravages?

Afin d'avoir une idée du brout dans les ravages à l'étude, nous utiliserons la comparaison du pourcentage de brout des ramilles et du pourcentage d'utilisation des ramilles, disponible avec les données des années 1980, ainsi qu'avec d'autres ravages. La comparaison avec d'autres ravages (Duhamel et L31, portion Outaouais) nous montre que le taux de ramilles broutées pour les essences feuillues semble assez comparable avec les ravages à l'étude dans les Laurentides (une moyenne de 59%, comparativement à 60% en forêt pour les feuillus dans la présente étude) (Goudreault 2007). Dans le milieu des années 80, pour le ravage de KLDC et NDL on notait des taux de brout de 53 et 51 % respectivement, tandis qu'aujourd'hui, on note des pourcentages de 59% et 58% pour ces mêmes ravages (Figure 17). Dans le milieu des années 80, le brout était considéré comme potentiellement plus fort au ravage du Lac des Trente-et-un Milles (Goudreault 2007). Aujourd'hui, on observe aussi des pourcentages de ramilles broutées plus élevés dans ce ravage (Figure 17).

On a multiplié le pourcentage moyen de tige broutées avec le pourcentage moyen de ramilles broutées pour chaque essence afin d'avoir une indication du pourcentage d'utilisation des ramilles disponibles. On obtient les chiffres suivants, soit : Erp et Sab (44%), Vio (43%), Err (37%), Pru (32%), Ers et Pib (30%), Ere (28%), Noi (17%) et Boj (16%). Dans le ravage de Pohénégamook, avec une méthodologie un peu différente, Dumont *et al.* (2005) ont mesuré les pourcentages d'utilisation des ramilles suivants : Err= 49,8%, Ere = 48,4%, Erp = 44,9%, Ers =25,5%, Noi =27,9%, Boj =16,6% et Sab = 8%. On observe les mêmes préférences du cerf pour certaines essences telles que les différents types d'érable, ainsi qu'une utilisation plus limitée d'essences telles que le noisetier et le bouleau jaune. Le faible taux de ramilles broutées des noisetiers peut venir du fait que cette espèce est rarement éliminée par le broutement, et a plutôt tendance à produire plus de drageons, ce qui en retour diminue la proportion broutée (Aldous 1952, Gill et Healy 1974). Les différences, notamment pour le sapin, viennent entre autre du fait que cette essence est actuellement moins dense dans les ravages des Laurentides.

Vers le milieu des années 80, pour le ravage de KLDC et NDL, on notait des taux d'utilisation moyens des ramilles disponibles de feuillus (principalement des érables) de 38% et 31% respectivement. Aujourd'hui, dépendamment des essences d'érables, on note des taux d'utilisation moyens des ramilles disponibles assez semblables, soit de 28%, 30%, 37% et 44%.

Ainsi, principalement pour les essences feuillues, le brout est resté assez semblable en termes de pourcentage de ramilles broutées et de pourcentage d'utilisation des ramilles disponibles. Les cerfs ne semblent donc pas avoir modifié leurs comportements alimentaires.

E) L'abri, habitat clé des ravages de cerfs

En somme, il y a un manque d'abri dans les ravages, et cette situation semble être la principale problématique en ce qui concerne l'habitat. Le brout des essences résineuses est aussi très présent, menaçant la survie de certaines espèces, et augmentant la problématique de perte d'abri pour le futur.

Une diminution des zones d'abri occasionne aussi des pertes de connectivité entre les zones d'abri et les zones de nourriture-abri et de nourriture. Le cerf peut être confiné dans son abri lors d'hivers difficiles avec de fortes accumulations de neige, et n'avoir accès qu'aux zones de nourriture et de nourriture-abri autour de cet abri. L'indice de présence de cerf plus élevé sous couvert majoritairement résineux que sous couvert majoritairement feuillu en hiver (mois de Février) témoigne de ce phénomène (Figure 31). Ainsi, même un manque apparent de nourriture pourrait provenir du fait que les cerfs ne vont pas se rendre dans certaines zones de nourriture et de nourriture-abri, puisqu'ils s'éloigneraient trop des zones d'abri.

La présence de résineux, entraînant moins de neige (Figure 27) et une plus grande présence de cerf (Figure 31), semble donc être l'élément clé dans le ravage. Lors de considérations futures pour les ravages de cerf, la restauration de zone d'abri semble donc être une préoccupation très importante. Ces zones d'abri actuelles ne devraient pas être transformées en zone de nourriture-abri ou de nourriture, mais des efforts de conservation de ces zones devraient être envisagés.

4.3 L'effet des coupes par trouées, pour les différents ravages

Tout bien considéré, on peut dire que sous couvert forestier, on retrouve moins de neige (Figure 24), une plus forte présence de cerf (Figure 30) et une plus grande proportion de tiges broutées (Figure 15) que dans les trouées (Figure 33). Dans les trouées, on obtient des densités de tiges d'arbustes et de feuillus plus importantes (Figures 7 et 33). Vu la quantité totale de tiges broutées, les trouées constituent donc une source intéressante de nourriture pour le cerf de Virginie (Tableau 18). La proportion de ramilles broutées est très semblable dans les trouées et sous couvert forestier (Figure 20). Cependant, la proportion de ramilles broutées sur le total de ramilles disponibles est plus élevée sous-couvert forestier (Tableau 18). Les différentes positions testées dans la trouée n'ont pas d'effet significatif sur la régénération (groupement d'essence et densité) (Figure 13) mais ont un effet sur la quantité de neige (Figure 28). L'épaisseur de neige est moins élevée au nord et au sud qu'au centre de la trouée (Figure 28), et est aussi moins élevée à 10m du centre de la trouée qu'à son centre (Figures 29 et 33).

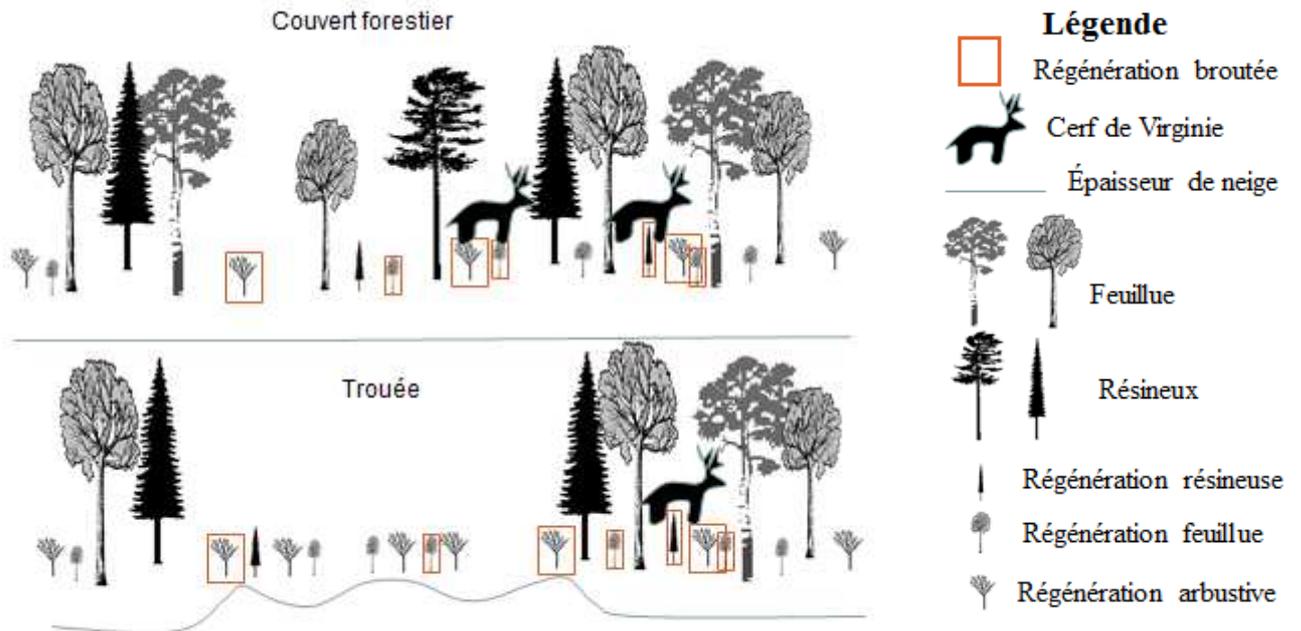


Figure 33. Représentation de la régénération, de la densité de cerf, du brout et de la quantité de neige du couvert forestier et de la trouée dans un ravage.

On peut en déduire que vu la densité plus élevée en tiges d'arbustes et de feuillus dans les trouées, celles-ci peuvent aussi servir de nourriture pour le cerf de Virginie, bien que ce dernier fréquente davantage le sous-couvert forestier et s'y nourrit aussi beaucoup (Tableau 22).

Cependant, parmi les essences d'intérêt pour perpétuer les habitats abri, soit les résineux, aucune n'est présente en plus grande densité dans les trouées (Tableau 22). Il semble donc que le traitement par trouée ne favorise pas le maintien de peuplement d'abri, même dans les zones d'appellation abri (Tableau 15). Quant aux peuplements de nourriture-abri, parmi les essences d'intérêt pour perpétuer ces habitats, on retrouve le bouleau jaune en densité plus élevée dans les trouées (Tableau 22, Figure 7). Ce résultat n'est pas surprenant, vu la stratégie de régénération du bouleau jaune. En effet, la régénération de cette essence peut être favorisée par les trouées naturelles, par les chablis et par de faible surface terrière, le dernier paramètre étant aussi observé dans la présente étude (Tableau 17). Cependant, il est à noter que la forte compétition avec les arbustes dans les trouées (plus forte densité et proportion d'arbuste), peut nuire à la transition de la trouée vers des peuplements de nourriture-abri (Tableau 22).

Il est difficile de conclure sur l'effet des arbres du pourtour de la trouée sur la régénération à l'intérieur de celle-ci. En effet, le fait que différentes essences ne se retrouvent pas en proportions semblables dans les différents ravages peut porter à confusion. Par exemple, dans les parcelles forêts au ravage L31, on retrouve peu d'érable à sucre, mais beaucoup de pruche (Tableau 16), affectant la régénération de ces essences. On ne peut cependant pas conclure que la pruche en pourtour de la trouée défavorise la régénération de tiges feuillues (notamment l'érable à sucre) observées à l'intérieur de celle-ci. Les résultats de l'effet du pourtour de la trouée devraient donc être regardés à titre indicatif et d'observation particulière pour les ravages à l'étude, et non comme tendance générale pour les différentes essences. Certaines informations, largement observées dans la littérature sont cependant aussi observées dans cette étude, par exemple, l'association entre l'érable à sucre mature (autour de la trouée) et la régénération en érable à sucre (Tableau 17).

Tableau 22. Synthèse des différences significatives et tendances entre le couvert forestier et la trouée en matière de régénération, du brout, d'épaisseur de neige et d'indice de présence par le cerf de Virginie.

	Couvert forestier	Trouée
Différence significative sur la densité des tiges (Figure 7)		↑ feuillus : ↑Boj et Err ↑ arbustes : ↑ Vio et Ere
Tendance pour la proportion de tiges (Figure 9)	↑ Erp↑ Ers↑ Sab	↑ total arbustes, ↑Vio ↑ Err et Boj, ↑ Pib
Différence significative et (Tendance) sur la proportion de tiges broutées	↑ feuillus (↑Err et Ers) ↑Vio (↑Arbuste) (↑Résineux : Pib et Sab)	(↑ Ere, ↑Pru)
Différence significative sur la proportion de ramilles broutées	↑Erp *Peu de différence	*Peu de différence
Différence significative sur l'épaisseur de neige		↑ neige
Différence significative sur les indices de présences du cerf	↑ présence du cerf	

Avec les problématiques actuelles des ravages des Laurentides, soit la perte d'abri et le manque de recrutement en abri, la coupe par trouée effectuée dans des peuplements mixtes, à dominance de feuillus ou à dominance de résineux, ne semble pas être la solution. De plus, si l'on regarde uniquement le ravage L31, où il n'y a pas de manque en abri, la coupe par trouées n'augmente pas significativement la densité des tiges d'arbustes et de feuillus, donc la quantité de nourriture (Tableau 23).

Les coupes par trouées, tout comme les coupes par bande et coupes de jardinage, permettent à plus de semis de croître à l'abri du brout que le sous-couvert forestier. En effet, la densité moyenne de tige non-broutées est 2,25 fois plus faible en forêt que dans les trouées (Figure 14). Pour les essences résineuses pouvant perpétuer l'abri, la quantité par essence et par ravage était trop faible pour établir des conclusions sur l'effet de protection des trouées contre le brout. Cependant, on note que dans le ravage de KLDC, la densité moyenne de sapin baumier non-brouté en trouée semble plus forte que sous couvert forestier, et dans le ravage de L31, la densité moyenne de pin blanc non-brouté en trouée semble aussi plus forte que sous couvert forestier (Figure 19 b). Certaines perturbations du milieu, comme les chablis et les trouées, sont notamment reconnues pour avoir un effet de protection contre le brout (Long *et al.* 1998).

En comparant les ravages, on note qu'il y a moins de neige (Figure 25), plus de présence de cerf (Figure 32) et une plus grande proportion de tiges (Figure 17) et de ramilles broutées (Figure 22, Tableau 19) au L31 que dans le ravage de NDL. Quant au ravage de KLDC, il semble se situer entre les deux. Pour la densité des tiges, on note des densités plus faibles au ravage L31, notamment pour les arbustes et les feuillus, les densités de feuillus étant plus importantes au ravages KLDC, et les densités d'arbustes, au ravage de NDL (Tableau 23). Dans la portion Outaouais du ravage L31, on observe aussi des densités plus faibles de bouleau jaune, d'érable rouge et de pruche, comparativement à un ravage plus à l'est (Duhamel) (Roy et Doyon 2011). Le traitement de coupe par trouées n'occasionne pas le même résultat dans les différents ravages. Pour les essences d'intérêt, on note pour le ravage de NDL des densités plus importantes en pruche et en bouleau jaune dans les trouées, contrairement au ravage L31 et KLDC où on n'en observe pas (Tableau 23).

Tableau 23. Synthèse des différences significatives et tendances entre les différents ravages en matière de régénération, de brout, d'épaisseur de neige et d'indice de présence par le cerf de Virginie.

	L31	KLDC	NDL
Différence significative sur la densité de tiges	↓ total, ↓ arbustes, ↓ feuillus (Boj et Err) ↑ Pib	↓ Erp, Vio ↑ Feuillus (Ers)	↑ arbustes
Différence significative de la densité en réponse au traitement par trouée		↑ Total ↑ Err	↑ Err, Pru, Boj
Différence significative sur la proportion de tige broutée (ou % ramilles broutées)	↑ Total, feuillus (dans forêt), arbustes (dans trouée)		↓ Arbustes ↓ % ramilles broutées
Différence significative sur l'épaisseur de neige	↓ écart forêt/trouée		↑ neige ↑ écart forêt/ trouée
Différence significative sur l'indice de présence du cerf	↑ total, trouée et forêt		↓ total, trouée et forêt

4.4 Outil d'aide à la décision pour assurer le maintien à long terme de la qualité de l'habitat

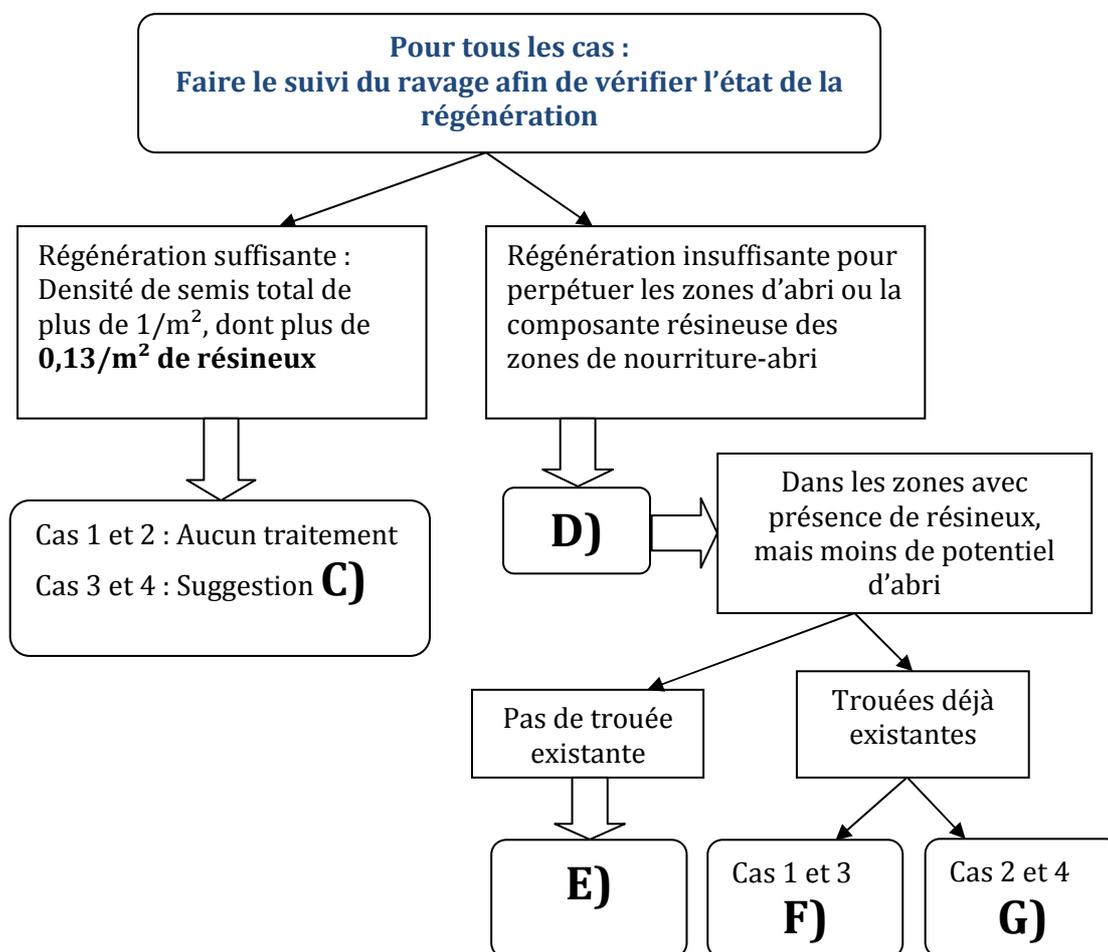
Les résultats de la présente étude sur l'effet des coupes par trouées portent sur l'évaluation à une échelle fine de parcelles dans les ravages et non sur l'analyse globale de la totalité du ravin. Les plans d'aménagement des ravages de cerf de Virginie nous informent davantage sur l'approche globale, comme les densités de cerf de Virginie. Un outil d'aide à la décision complet devrait prendre en considération ces diverses sources d'informations. Nous présentons ci-dessous divers scénarios ainsi que nos suggestions suite aux résultats obtenus dans la présente étude, ainsi qu'une étude complémentaire faite dans les ravages de l'Outaouais par les mêmes auteurs (Roy et Doyon 2011).

Abri suffisant et bien distribué (plus de 20% d'abri, et entre 20-30% de peuplements de nourriture-abri)

- Nourriture suffisante, pression de brout moyenne ou faible (cas 1)
- Nourriture insuffisante, forte pression de brout (cas 2) : **A)**

Abri insuffisant ou mal réparti (Objectif: Essayer d'atteindre plus de 20% de peuplements d'abri, et entre 20-30% de peuplements de nourriture-abri, tout en sélectionnant les zones permettant une bonne répartition/connectivité de ces peuplements)

- Nourriture suffisante, pression de brout moyenne ou faible (cas 3)
- Nourriture insuffisante, forte pression de brout (cas 4) : **B)**



Suggestions en lien avec les traitements sylvicoles :

- A) Tester des traitements* qui augmentent la quantité de nourriture à long terme, notamment en hiver, sans trop augmenter la quantité de neige. Éviter la coupe par trouées, car dans le cas des ravages des Laurentides avec abri suffisant, ce traitement ne semble pas augmenter le potentiel en zones de nourriture-abri, ni même augmenter significativement la nourriture. Avec une forte pression du brout, la régénération résineuse risque d'être menacée. Les traitements choisis, ayant pour but d'augmenter la nourriture, devraient donc être effectués près des zones d'abri dans les peuplements plus feuillus, et moins bien régénérés en résineux, pour conserver le potentiel d'abri.
- B) Revoir la délimitation du ravage, dont entre autres les zones d'abri, de nourriture et de nourriture-abri, ainsi que la connectivité entre ces zones. Les zones de nourriture dans des secteurs interconnectés avec des zones d'abri et de nourriture-abri devraient être étudiées afin de voir leur potentiel réel en nourriture pour les cerfs. Les traitements effectués ne devraient pas être faits dans des zones d'abri, afin de conserver leur potentiel d'abri. La coupe par trouée, faite dans des peuplements feuillus, pourrait augmenter la quantité de nourriture et aider à diminuer la pression du brout sur certaines essences résineuses.
- C) Protéger la régénération résineuse, notamment celle ayant dépassé la hauteur du brout. Le dégagement de ces tiges d'intérêts pourrait être utile dans un contexte de forte compétition avec les arbustes.
- D) Conserver les peuplements avec un couvert dense en pruche et cèdre, ainsi que les peuplements très diversifiés en résineux (épinette/sapin/pruche/thuya/pin), puisqu'ils semblent pouvoir se perpétuer pour leur fonction d'abri (Roy et Doyon 2011). Les coupes par trouées ne semblent pas favoriser la régénération résineuse, peut-être parce qu'il n'y a pas un assez grand apport en lumière, une forte compétition ou un manque de lit de germination.
- E) D'autres traitements* devraient être envisagés. Dans certaines circonstances, la coupe par bande* pourrait s'avérer un traitement plus efficace** que la coupe par trouée. La densité des semis dans des peuplements mixtes a été comparées pour le traitement coupe par trouées (CJT) de la présente étude et le traitement coupe par bandes (CB) de l'étude de Roy et Doyon 2011.

Plusieurs recommandations peuvent être appliquées selon la présence de diverses essences :

1. Propice à l'épinette: Conserver les épinettes matures, favoriser les ouvertures (surface terrière↓), CB > CJT.
2. Propice à la pruche : Conserver la densité de pruche 20-40 cm et l'augmenter à long terme, avec plus de 40% du couvert. Conserver une forte surface terrière. Peuvent être à proximité de zones perturbées.
3. Propice au sapin : Si haute densité de cerf, pas de traitement. Si faible densité de cerf, favoriser l'écotone et les petites ouvertures par des traitements (CB > CJT) de faibles superficies.
4. Propice au pin blanc : D'autres essais devraient être envisagés (ex. plantation de pin avec protection du brout).
5. Propice au thuya: Conserver la densité en thuya 20-40cm et l'augmenter à long terme, avec plus de 50% du couvert. Essai de nouveaux traitements expérimentaux ou rendre les semis de thuya inaccessibles au cerf.

7. Si présence de plusieurs essences résineuses : miser sur la diversité en sapin/pruche/épinette/thuya, conserver les résineux matures, s'assurer que le traitement utilisé occasionne des zones plus denses (où il y a présence de pruche mature), des zones d'écotones (pour favoriser le sapin) et des zones d'ouverture (pour favoriser l'épinette) (CB>CJT).

F) L'enrichissement en essences résineuses (ex. le pin blanc, l'épinette blanche et rouge) et en essences feuillues (ex. le bouleau jaune et le chêne rouge), avec ou sans dégagement, dans les trouées déjà existantes, pourrait être une solution d'avenir.

G) Dans ce cas, il semble important de miser sur des essences moins broutées par le cerf. L'enrichissement en essences résineuses moins broutées (ex. épinette blanche) et en essences feuillues moins broutées (ex. bouleau jaune) dans les trouées déjà existantes pourrait être une solution d'avenir, les trouées étant un peu moins broutées que le sous-couvert forestier.

*Les différents traitements utilisés devraient être faits de façon expérimentale, et suivis dans les différents ravages et les différents types de couvert/habitat, avant d'être appliqués sur de plus grandes superficies.

** Les coupes par bandes créent une zone d'écotone entre l'ouverture et le couvert adjacent, créant des milieux divers permettant de conserver une plus grande diversité d'essences résineuses. Lorsqu'on regarde la distribution des espèces en fonction des milieux de lumière (Burns et Honkala 1990) (ouverture, écotones, couvert), dans des ravages de cerf de Virginie des régions avoisinantes, on constate que la pruche est plus abondante dans les zones fermées, avec de forte surfaces terrières, tandis que le sapin se trouve entre autres dans les zones intermédiaires, alors que l'épinette est favorisée par les ouvertures et les surfaces terrières plus faibles (Roy et Doyon 2011).

5 Conclusion

Il est important de déterminer les véritables enjeux auxquels font, ou risquent de faire face les ravages des Laurentides. Les enjeux devraient être priorisés par rapport à l'importance de ceux-ci, en considérant l'ensemble des composantes du ravage. La diminution des résineux, au niveau des essences et des peuplements, et la perte de biodiversité associée aux peuplements résineux sont des enjeux importants dans les forêts des Laurentides. De plus, la présente étude soulève des problématiques importantes et inter-reliées avec ces enjeux, soit le manque d'abri, la difficulté de régénération, ainsi que l'effet négatif du brout sur plusieurs essences résineuses dans les ravages de cerfs des Laurentides. La quantité de nourriture disponible pour le cerf ainsi que les zones de nourritures semblent satisfaisantes dans les ravages étudiés, tout comme la régénération en essences feuillues. Nous suggérons que les différents traitements utilisés dans le futur devraient tenir compte des principales problématiques du ravage. Ces traitements devraient aussi être faits de façon expérimentale et suivis dans les différents types de couvert/habitat avant d'être appliqués sur de plus grandes superficies. Dans des cas spécifiques, la coupe par trouée pourrait s'avérer efficace, si elle est appliquée aux bons peuplements et dans les bonnes conditions, notamment si l'on fait face à un manque de nourriture et un manque de régénération feuillue (ex. de bouleau jaune) dans des peuplements majoritairement feuillus. Ce n'est cependant pas le cas dans les ravages des Laurentides à l'étude.

6 Références

- Alverson, W.S. et D.M. Waller. 1997. Deer populations and the widespread failure of hemlock regeneration in northern forests. *The science of over-abundance*. P. 280-297.
- Anderson, R.C. et O.L. Loucks. 1979. White-tail deer influence on structure and composition of tuga canadensis forest. *J. Appl.Ecol.*, 16 : 855-861.
- Bouffard, D. and Delagrangé, S. 2008. Enrichissement en essences nobles après coupe jardinatoire par trouées dans la région de Lanaudière : résultats après trois saisons de croissance. p.36
- Breton, L., F. Potvin, D. St-Hilaire et B. Langevin. 1988. La population de cerfs de Virginie et l'habitat des ravages de Duhamel, Kiamika-Lac-du-Cerf et Notre-Dame-du-Laus en 1986. Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats. 36 p
- Boucher S., M. Crête, J-P. Ouellet, C. Daigle et L. Lesage. 2004. Large-scale trophic interactions : White-tailed deer growth and forest understory. *Ecoscience* 11(3): 286-295.
- Burns, R. M.; Honkala, B. H. 1990 *Silvics of North America*. Volume 1. Conifers. Agriculture Handbook (Washington) 1990 No. 654 pp. vi + 675 pp.
- Dahir, S.E. et Lorimer, C.G. 1996. Variation in canopy gap formation among developmental stages of northern hardwood stands. *Can. J. For. Res.*: 26, 1875-1892.
- Demers. et al. 1996. Guide technique d'aménagement des boisés et terres privés pour la faune : No.14 *Les ravages de cerfs de Virginie*.
- Dumont A., J-P. Ouellet, M. Crête et J. Huot. 2005. Winter foraging strategy of white-tailed deer at the northern limit of its range. *Ecoscience* 12 :476-484.
- 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. *Canadian Journal of Zoology* 76: 1024-1036.
- Frelich L.E. et C.G. Lorimer. 1985. Current and predicted long-term effects of deer browsing in hemlock forests in Michigan. *Boil. Conserv.* 34 : 99-120.
- Gendreau-Berthiaume, B. and D. Kneeshaw. 2009. "Influence of gap size and position within gaps on light levels." *International Journal of Forestry Research*: 1-8.
- Gill, R.M.A. 1992. A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer. *Forestry* 65[2], 145-169.
- Gosselin, J., P. Grondin et J.-P. Saucier. 2001. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers et Direction de la recherche forestière, 163 pages.
- Goudreault, F. 2007. Effet du broutement des cerfs sur la régénération d'espèces ligneuses de valeur commerciale. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, secteur Faune Québec, Direction de l'aménagement de la faune de l'Outaouais. 34 p.
- Goudreault, F., et B. Langevin. 1989. Inventaire du brout et de la population de cerf de Virginie dans le ravage du lac Trente et un Milles en 1987. Que., Minist. Loisir Chasse & Pêche, Dir. rég. Outaouais, Rap. dact. 38 p.

- Gray, A.N. et Spies, T.A. 1996. Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. *J. Ecol.* 84: 635-645.
- Hénault, M. 1994. Inventaire terrestre du cerf de Virginie au ravage du lac David au printemps 1989. Que. Minis. Environ. & Faune, Dir. rég. Montréal.
- Huot, M., G. Lamontagne, F. Goudreault. 2002. Plan de gestion du cerf de Virginie 2002-2008. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune. Québec. 289 p.
- Huot, J. 1972. Winter habitat preferences and management of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*) in the area of Thirty-One Mile Lake area Gatineau and Labelle Counties, Que.), M.S. Thesis. Univ. of Toronto. Ontario. 163 p.
- Jacobs, R.D. 1969. Growth and development of deer-browsed sugar maple seedlings. *Journal of Forestry* 67: 870-874.
- Kneeshaw, D.D., Y. Bergeron. 1999. "Spatial and temporal patterns of seedling recruitment within spruce budworm caused canopy gaps." *Ecoscience* 6:214-222.
- Kneeshaw, D.D. and Prévost, M. 2007. Natural canopy gap disturbances and their role in maintaining mixed-species forests of central Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 37: 1534-1544
- Krueger L.M. et C.J. Peterson. 2006. Effects of white-tailed deer on *tsuga canadensis* regeneration : Evidence of microsites as refugia from browsing. *Am.Midl.Nat.* 156 : 353-362.
- Larouche, C., 2006. Raréfaction du thuya. Chapitre 5 (addenda) du document : Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière, P. Grondin et A. Cimon, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, 32 p.
- Lefort, S., Tremblay, J., Fournier, F., Potvin, F., Huot, J., 2007. Importance of balsam fir as winter forage for white-tailed deer at the northeastern limit of their distribution range. *Écoscience*, 14 (1) : 109-116.
- Lesage, L., M. Crete, J. Huot, A. Dumont et J.-P. Ouellette. 2000. Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1930-1940.
- Little S. et H.A. Somes. 1965. White-Cedar being eliminated by excessive animal damage in south Jersey. *U.S. Forest Service Research*.33. 3p.
- Long Z.T. W.P. Carson et C.J.Peterson. 1998. Can disturbance create refugia from herbivories : an example with hemlock regeneration on treefall mounds. *Bot. Soc.* 125: 165-168.
- Michael E.D. 1992. Impact of deer browsing on regeneration of balsam fir in Canaan Valley. *Nor. J. Appl. For.* 9: 89-90.
- Mladenoff D.J. et F. Stearns. 1993. Eastern hemlock regeneration and deer browsing in the Great Lake region. *Conserve. Biol.* 7 : 889-900.
- MEF. 1998. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. Gouvernement du Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 78 p.
- Potvin F., P. Baupré et G. Laprise. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti Island, Québec : A 150-year process. *Ecoscience.* 10 : 487-495.
- Raymond, P., A. Munson, J.-C. Ruel, D. Coates. 2006. "Spatial patterns of soil microclimate, light, regeneration, and growth within silvicultural gaps of mixed tolerant hardwood -white pine stands." *Canadian Journal of Forest Research* 36.3: 639-51.
- Robitaille, A. et Saucier, J.-P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. MRN, Gouvernement du Québec. Éd. Les publications du Québec. 213 p.

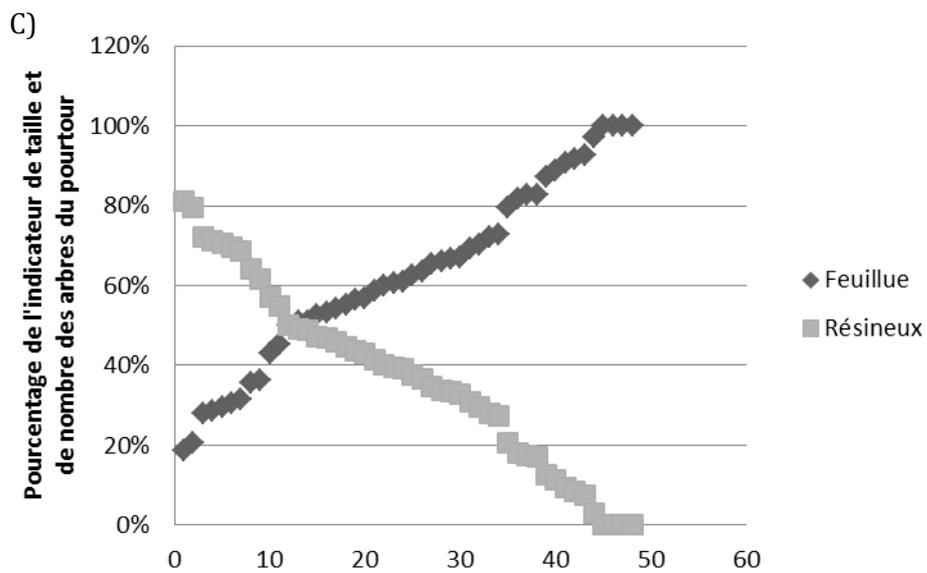
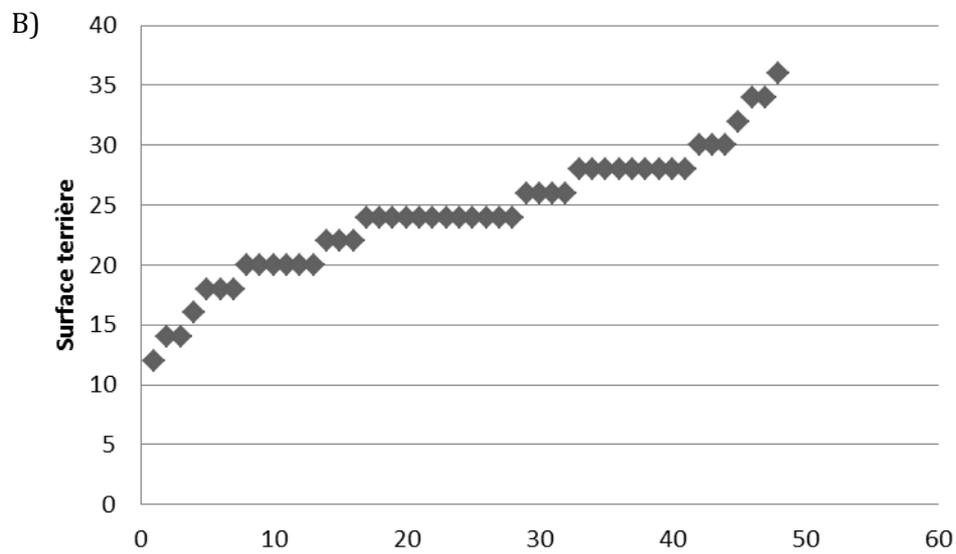
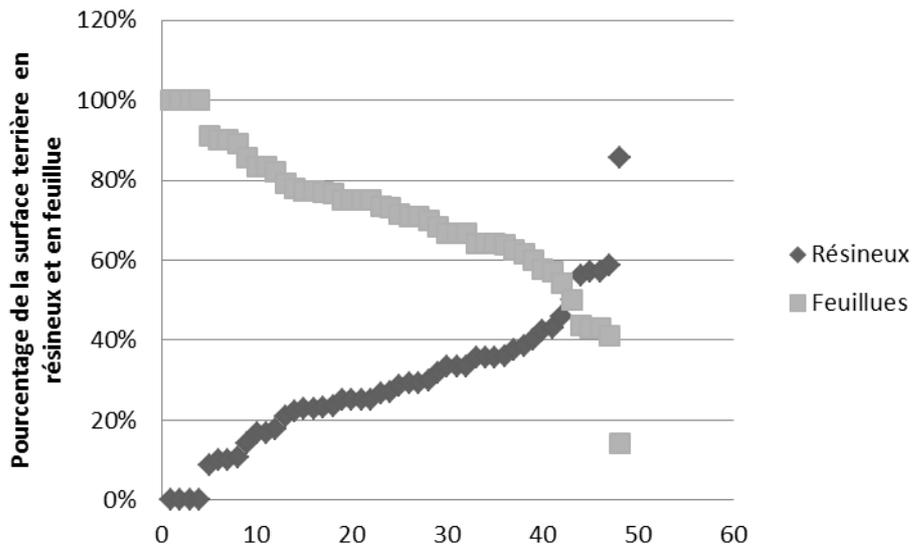
- Rooney, T.P. 2001. Deer impacts on forest ecosystems a north american perspective. *Forestry*. Vol. 74 (3)202-208.
- Roy, M.-È. et F. Doyon. 2011. Description de la régénération en essences résineuses dans les ravages de cerfs de Virginie. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Qc. Rapport technique, 80 p. + annexe.
- Roy, M.-È., V. McCullough, É. Forget et F. Doyon. 2009. Portrait forestier historique du territoire des unités d'aménagement forestier 064-52 & 061-51. Rapport technique. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue et M.C. Forêt inc. 50 p.
- Russell, F.L., D.B. Zippin et N.L. Fowler. 2001. Effects of white-tailed deer on plants, plant populations and communities: a review. *American Midland Naturalist* 146(1):1-26.
- Telfer, E.S. 1978. Cervid Distribution, Browse and Snow Cover in Alberta. *The Journal of Wildlife Management* 42: 352-361.
- Tilghman, N.G. 1989. Impacts of white-tailed deer on forest regeneration in northwestern Pennsylvania. *Journal of Wildlife Management* 53 (3): 524-532.

7 Annexes

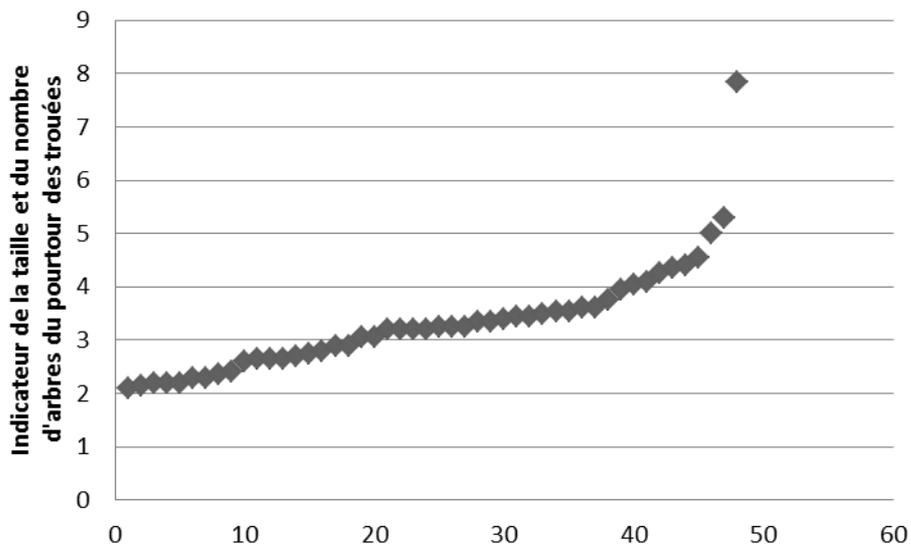
Annexe 1. Évolution des différentes catégories de potentiel d'utilisation de l'habitat par le Cerf de Virginie entre les différents inventaires forestiers décennaux (en ha). En gris : Diminution importante, en rose : Augmentation importante.

		1 décennal	2 décennal	3 décennal	4 décennal
Ravages	Utilisation				
L31	A	2753.3	2196.8	1899.9	1511.7
	N	44.7	238.5	319.4	289.3
	NA	1101.3	988.1	1617.9	1755.3
	PU	1398.4	1719.4	1373.7	1535.7
	Sous-total	5297.6	5142.9	5210.9	5091.9
KLDC	A	2925.2	1117.3	978.8	903.6
	N	475.4	2485.0	2232.6	1845.9
	NA	2138.6	2569.3	2694.3	3286.1
	PU	4293.2	4322.0	3587.4	4235.0
	Sous-total	9832.3	10493.5	9493.2	10270.6
David	A	2217.5	233.8	137.0	252.9
	N	118.3	N.D.	1457.7	684.3
	NA	369.6	1226.8	1304.6	1536.5
	PU	1433.9	N.D.	1305.4	1832.2
	Sous-total	4139.3	1460.6	4204.6	4305.9
La Macaza	A	222.8	731.1	638.8	608.8
	N	385.6	N.D.	316.4	449.4
	NA	1216.9	816.7	1333.1	1305.9
	PU	2389.6	N.D.	2100.7	1887.3
	Sous-total	4215.0	1547.7	4389.0	4251.5
NDL	A	1044.7	965.0	855.9	749.3
	N	417.9	332.9	664.0	814.0
	NA	2149.4	2014.0	2261.0	2622.8
	PU	3775.5	4004.9	3198.0	3433.8
	Sous-total	7387.4	7316.7	6978.9	7619.8
Sucrierie	A	342.9	409.1	149.3	156.6
	N	387.7	594.1	718.8	687.9
	NA	864.8	320.2	433.2	431.0
	PU	939.5	903.8	1006.7	1050.7
	Sous-total	2534.9	2227.2	2308.0	2326.1
Total	A	9506.4	5653.0	4659.9	4182.9
	N	1829.5	3650.5	5708.8	4770.8
	NA	7840.5	7935.0	9644.1	10937.5
	PU	14230.0	10950.1	12571.9	13974.6
	Sous-total	33406.4	28188.7	32584.6	33865.9

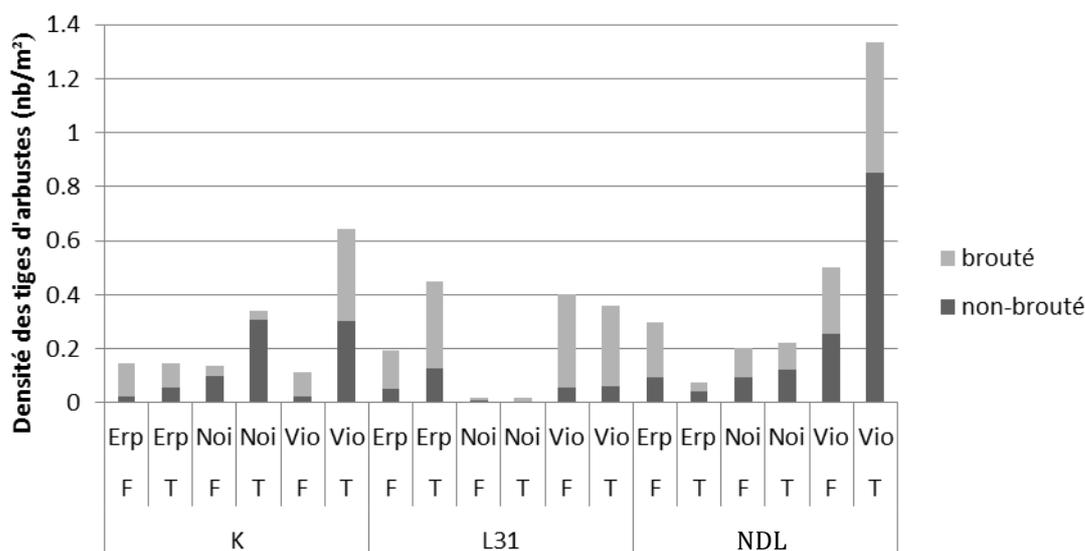
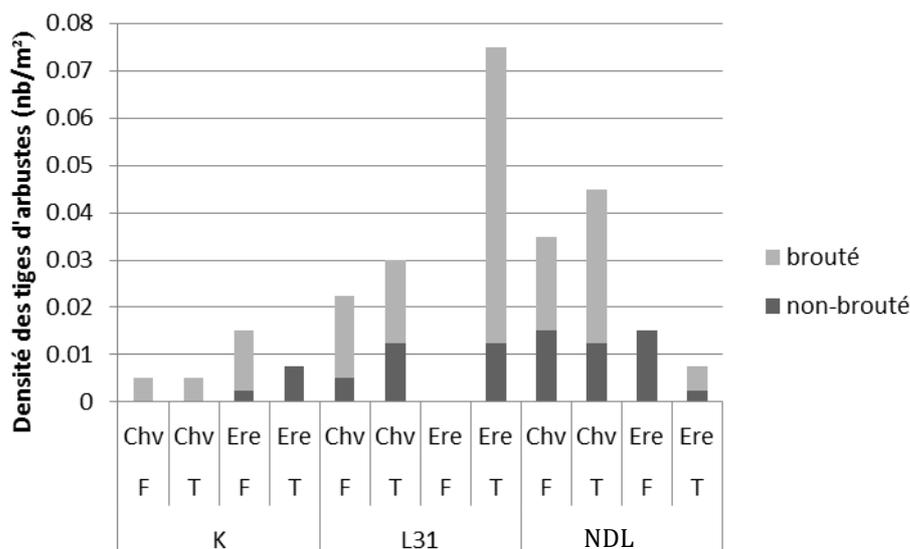
A)



D)



Annexe 2. Données relatives au couvert et aux arbres de pourtours des différentes placettes/trouées A) Pourcentage de la surface terrière en résineux et en feuillus, B) Surface terrière, C) Pourcentage de l'indicateur des arbres de pourtour en feuillus et en résineux, D) Indicateur de la taille et du nombre des arbres de pourtour des trouées.



Annexe 3. Densité des tiges d'arbustes brouées et non-brouées pour les essences les plus denses d'arbustes (soit le chèvrefeuille (Chv), l'érable à épis (Ere), l'érable de Pennsylvanie (Erp), le noisetier (Noi) et la viorne (Vio)), par ravage sous couvert forestier et dans les trouées.

Annexe 4. Effectif des tiges mesurées en trouées et sous-couvert forestier pour les essences les plus denses d'arbustes, de feuillus et de résineux.

Feuillues		Boj	Err	Ers		
		Forêt	105	95	672	
	Trouée	230	372	706		
Arbustes		Chv	Ere	Erp	Noi	Vio
		Forêt	25	12	256	144
	Trouée	32	36	267	232	935
Résineux		Pib	Pru	Sab		
		Forêt	11	11	20	
	Trouée	26	20	24		

Annexe 5. Effectif des tiges mesurées et nombre de tiges brouées pour les essences moins denses d'arbustes, de feuillus et de résineux.

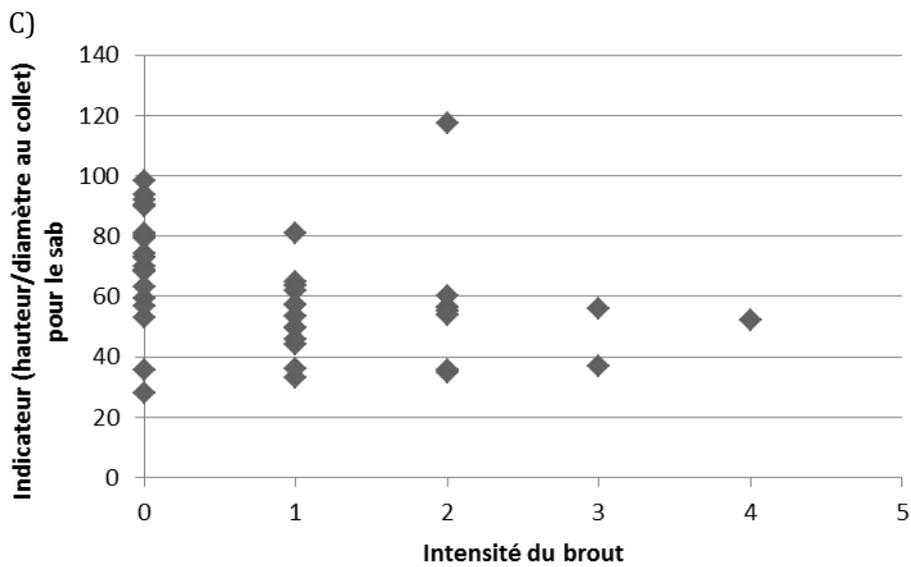
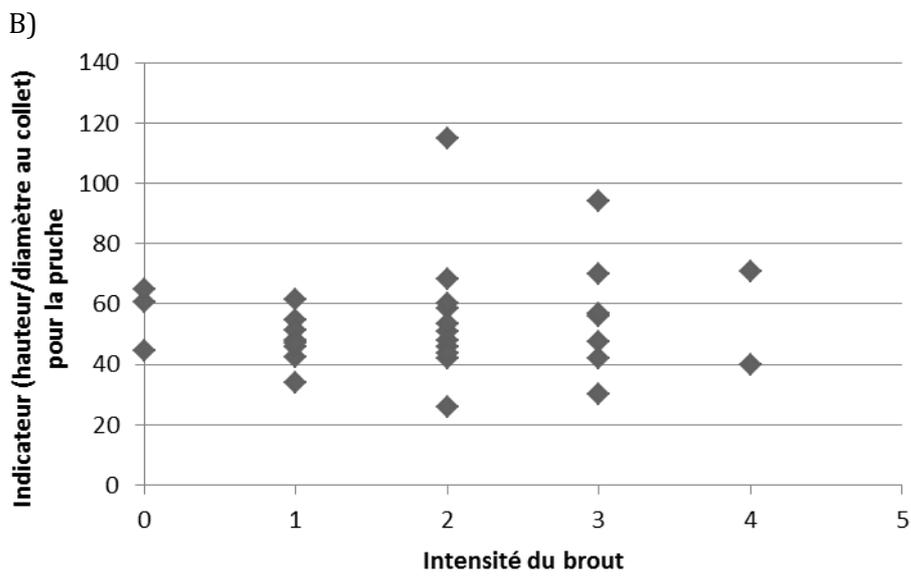
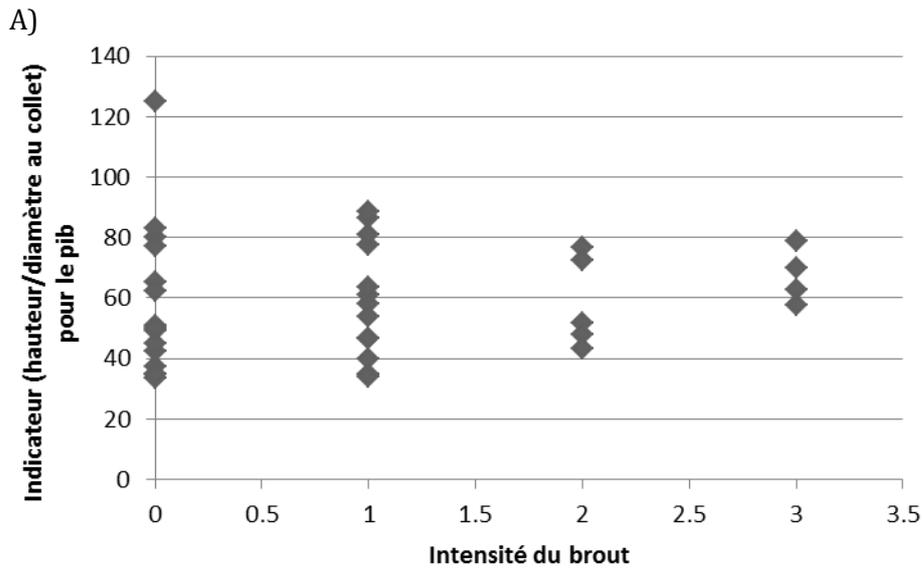
	Essences	Nombre de tiges	Nombre de tiges broutées
Arbustes	Amélanchier	23	13
	Cornouiller	12	12
	Sureau	2	1
Feuillus	Bouleau à papier	1	1
	Cerisiers	13	6
	Chêne rouge	22	14
	Frênes	13	2
	Hêtre à grande feuilles	289	122
	Ostrier de Virginie	6	2
	Peuplier à grandes dents	1	0
	Tilleul d'Amérique	7	1
Résineux	Épinette blanche	5	1

Annexe 6. Résultats après analyses statistiques ayant des effets significatifs du traitement et du ravage sur la proportion de tiges broutées.

Ravage	Kiamika-Lac-du-Cerf		NDL		L31	
Traitement	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée
Proportion des tiges d'arbustes broutées	ABC	C	ABC	BC	AB	A
Proportion des tiges feuillues broutées	AB	B	AB	AB	A	B

Annexe 7. Résultats après analyses statistiques ayant des effets significatifs du traitement et du ravage sur la proportion de ramilles broutées.

Ravage	Kiamika-Lac-du-Cerf		NDL		L31	
Traitement	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée	Forêt	Trouée
Proportion des ramilles broutées pour les tiges d'arbustes broutées	AB	AB	BC	C	A	AB



Annexe 8. Indicateur de la hauteur/le diamètre au collet selon l'intensité du bruit pour les essences résineuses

