



# **Description de la régénération en essences résineuses dans les ravages de cerfs de Virginie**

Rapport technique  
préparé par

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



INSTITUT QUÉBÉCOIS D'AMÉNAGEMENT  
DE LA FORÊT FEUILLUE

Pour

Scierie Carrière Ltée

Avril 2011

## Description de la régénération en essences résineuses dans les ravages de cerfs de Virginie

*Équipe de rédaction :* Marie-Ève Roy\*, M. Sc.  
Julie Poirier\*

*Coordonnateur scientifique :* Frédéric Doyon\* et \*\*, ing.f., Ph.D.

\* Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue  
58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0  
Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588  
Courriel : [iqaff@iqaff.qc.ca](mailto:iqaff@iqaff.qc.ca)  
Site internet : [www.iqaff.qc.ca](http://www.iqaff.qc.ca)

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

### Remerciements

Nous souhaitons remercier les membres MRNF qui nous ont guidées et conseillées dans la présente étude. Nous remercions également M. Gilles Bastien qui nous a fait visiter des sites expérimentaux pour la régénération du thuya dans le secteur du lac 31 Milles, ainsi que Dany Jean pour ces informations sur les sites de coupes à Duhamel. Finalement, mais non les moindres, nous remercions grandement nos techniciens Nadia Bergeron et Sylvain Quiblier ainsi que notre stagiaire Louis Gautier pour leur participation dans la réalisation des inventaires.

### Citation suggérée

**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.

## Résumé

Plusieurs ravages de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) sont présents en Outaouais. La disponibilité d'abri, de nourriture ainsi que la connectivité entre ces habitats sont des caractéristiques très importantes d'un ravage. L'augmentation de la densité de cerf au cours du dernier siècle, ainsi que plusieurs autres facteurs ont entraînés des problématiques dans ces ravages. Deux des problématiques importantes sont la perte d'abri et le manque de régénération résineuse. Les traitements sylvicoles dans les abris n'ont pas fait l'objet de suivi approfondi. De plus, il est documenté que le brout par le cerf de Virginie rend difficile la régénération de certaines essences résineuses. Le premier objectif de ce projet est de quantifier la régénération en essences résineuses dans les peuplements d'abri actuel et dans les principaux peuplements d'avenir pour les ravages. Le second objectif est d'évaluer les effets des différents traitements sylvicoles réalisés par le passé sur la régénération en essences résineuses. Finalement, le dernier objectif est de présenter une clé d'aide à la décision visant à identifier les traitements les plus susceptibles d'aider à la régénération en essences résineuse. Afin de décrire la régénération résineuse nous avons décrit la densité par essence et classe de taille, la hauteur, le diamètre, l'indice de brout et la mortalité dans deux ravages en Outaouais : le ravage du lac trente et un milles et celui de Duhamel. Nous avons comparé des zones hors-ravages, des zones témoins dans le ravage, des zones ayant été traitées par coupe par bande et d'autres ayant été traitées par coupe de jardinage. Pour nos analyses, nous avons pris en compte la composition du peuplement et sa surface terrière. Ces dernières données ont permis de raffiner les analyses de la régénération en essences résineuses pour la clé décisionnelle.

Les principaux résultats montrent que les zones hors-ravages sont moins broutées et généralement mieux régénérées en essences préférées par le cerf (thuya). Bien que le ravage de Duhamel et du lac 31 Milles présentent des densités semblables de régénération en essences résineuses dans les témoins, après traitement, on dénote des différences marquées entre les deux ravages avec, en général, une régénération mieux établie dans le ravage de Duhamel. On observe en effet que le ravage du lac 31 Milles est nettement plus brouté. Dans ce ravage, bien que l'on trouve des petites plantules en grande quantité pour plusieurs essences, les semis et les gaules sont soit absents ou broutés. Après traitement, on trouve presque uniquement de l'épinette blanche dans le ravage du lac 31 Milles. Dans le ravage de Duhamel en revanche, on trouve des densités intéressantes de plantules, de semis et de gaules de pruche, de sapin et d'épinette. Le ratio hauteur/diamètre au collet chez la pruche semble être un bon indicateur du brout. La coupe par bande s'avère plus efficace que la coupe de jardinage dans les abris résineux pour la régénération des essences résineuses, notamment à Duhamel. Les coupes par bandes créent un zone d'écotone entre l'ouverture et le couvert adjacent qui créent des milieux diverses permettant de conserver une plus grande diversité d'essences résineuses. Lorsqu'on regarde la distribution des espèces en fonction des milieux de lumière (ouverture, écotones, couvert), 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. Les ouvertures créées par la coupe de jardinage dans les peuplements mixtes offrent généralement une meilleure régénération résineuse que les témoins. Finalement, les peuplements avec un couvert dense en pruche et cèdre, ainsi que les peuplements très diversifiés en résineux (épinette/sapin/pruche/thuya), semblent pouvoir se perpétuer pour leur fonction d'abri. D'un autre côté, les peuplements de pin et/ou de thuya moins denses, ainsi que les peuplements plus feuillus sont généralement moins bien régénérés en résineux. Les relations détectées favorisant la régénération en essences résineuses dans un contexte de ravage nous a permis de synthétiser l'information sous forme de clé d'aide à la décision en fonction des diverses problématiques de ravages de cerf de Virginie pouvant être rencontrées.

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| Remerciements .....  | 2  |
| Citation suggérée.....   | 2  |
| Résumé.....  | 3  |
| Liste des Tableaux.....  | 9  |
| 1. Introduction .....  | 10 |
| 1.1. Synthèse sur la régénération en essences résineuses .....   | 14 |
| 1.2. Synthèse sur les effets du brout des cerfs de Virginie sur la régénération en essences résineuses .....             | 17 |
| 2. Méthodologie .....  | 19 |
| 2.1. Description des zones à l'étude .....   | 19 |
| 2.1.1. Aire géographique, climat et particularité des ravages .....  | 21 |
| 2.1.2. Évaluation de la population de cerf et de la récolte .....  | 22 |
| 2.1.3. Type de forêts par paysage naturel.....   | 22 |
| 2.1.4. Les peuplements et leur répartition dans les ravages .....  | 23 |
| 2.1.5. Traitements sylvicoles effectués dans les ravages pour le recrutement d'habitats d'abri .....                     | 24 |
| 2.2. Dispositif expérimental.....  | 24 |
| 2.2.1. Sélection des peuplements et des traitements .....  | 27 |
| 2.2.2. Prise de mesure.....  | 30 |
| 2.3. Analyse des données.....  | 31 |
| 3. Résultats .....   | 33 |
| 3.1. Densité de la régénération résineuse; comparaison des témoins.....  | 33 |
| 3.2. Densité de la régénération résineuse par essence; comparaison des témoins.....                                      | 33 |
| 3.3. Broutement de la régénération résineuse; comparaison des témoins .....  | 37 |
| 3.4. Indice de brout et pourcentage de tiges broutées pour les différentes conditions : témoins/ traitements/total ..... | 41 |
| 3.5. Ravage de Duhamel.....  | 42 |
| 3.5.1. La régénération résineuse dans les peuplements traités .....  | 42 |
| 3.5.2. La régénération résineuse par essence selon les traitements et les types de milieu de lumière .....               | 43 |
| 3.5.3. Broutement de la régénération résineuse .....   | 46 |
| 3.6. Ravage du 31 Milles .....   | 48 |
| 3.6.1. La régénération résineuse dans les peuplements traités .....  | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 3.6.2. La régénération résineuse par essence selon les traitements et les types de milieu de lumière ..... | 49 |
| 3.6.3. Broutement de la régénération résineuse .....   | 53 |
| 3.7. Les types de peuplements et la régénération en essences résineuses .....                              | 55 |
| 3.8. La valeur d'importance du couvert et la régénération .....  | 59 |
| 3.9. La surface terrière et la régénération en essence résineuse .....                                     | 62 |
| 3.10. L'influence du broutement sur la hauteur et le diamètre au collet.....                               | 64 |
| 4. Discussion .....  | 68 |
| 4.1. Quantifier la régénération en essences résineuses.....  | 68 |
| 4.2. Évaluer les effets des divers traitements .....   | 72 |
| 4.3. Développement d'outil d'aide à la décision selon divers scénarios.....                                | 75 |
| Conclusion.....  | 77 |
| Références .....   | 78 |
| Annexe .....   | 81 |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1. Les ravages du Lac Trente-et-Un-Milles en Outaouais et le ravage de Duhamel .   | 20 |
| Figure 2. Schéma représentant le dispositif utilisé pour cette étude.   | 26 |
| Figure 3. Localisation des peuplements d’abri, d’abri-nourriture et des traitements dans le ravage du Lac 31 Milles.  | 28 |
| Figure 4. Localisation des peuplements d’abri, d’abri-nourriture et des traitements dans le ravage de Duhamel.  | 29 |
| Figure 5. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) des plantules (a), semis (b) et gaules (c) pour les témoins dans les deux ravages  | 34 |
| Figure 6. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) des plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essences pour les témoins dans le ravage de Duhamel   | 35 |
| Figure 7. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) des (a), semis (b) et gaules (c) par essences pour les témoins dans le ravage du lac 31 Milles.  | 37 |
| Figure 8. Indice de brout moyen des témoins (hors-ravage et dans le ravage) pour les ravages à l’étude.   | 38 |
| Figure 9. Densité (nb/m <sup>2</sup> ) de semis résineux en fonction de la classe de brout pour les témoins, dans les peuplements d’abri et d’abri-nourriture dans les ravages et hors ravages.   | 38 |
| Figure 10. Nombre total de semis résineux par classe de broutement dans les deux ravages (incluant les différents traitements).   | 39 |
| Figure 11. Densité (nb/m <sup>2</sup> ) de semis en fonction de la classes de broutement par essence pour les témoins, dans les peuplements d’abri et d’abri-nourriture   | 40 |
| Figure 12. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) des plantules (a), des semis (b) et des gaules (c) selon les différents traitements et le type d’habitat dans le ravage de Duhamel.   | 42 |
| Figure 13. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essence pour le témoin et après coupe par bande selon les types de milieu de lumière dans l’habitat d’abri du ravage de Duhamel.                  | 44 |
| Figure 14. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantule(a), semis (b) et gaules (c) par essence pour les témoins et après coupe de jardinage selon les types de milieu de lumière et le type d’habitat du ravage de Duhamel.                | 45 |
| Figure 15. Indice de brout moyen (a) et densité de semis en essences résineuses par classes de brout (b) selon les traitements et le type d’habitat dans le ravage de Duhamel.  | 46 |
| Figure 16. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de semis en essences résineuses par classes de brout selon les différents traitements, les types de milieu de lumière et le type d’habitat dans le ravage de Duhamel.                           | 47 |
| Figure 17. Densité de semis par classes de brout par essence (a=Épinette blanche, b= Pruche de l’est, c=Thuya occidental, d= Sapin baumier) selon les différents traitements et le type d’habitat dans le ravage de Duhamel.                    | 48 |
| Figure 18. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) des plantules (a), des semis (b) et des gaules (c) selon les différents traitements et le type d’habitat dans le ravage du lac 31 Milles.   | 49 |
| Figure 19. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essence pour le témoin (T) et après coupe par bande (CB) selon les types de milieu de lumière dans l’habitat d’abri du ravage du lac 31 Milles.   | 51 |
| Figure 20. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantule(a), semis (b) et gaules (c) par essence pour les témoins (T) et après coupe de jardinage (CJ) selon les types de milieu de lumière et le type d’habitat du ravage du lac 31 Milles. | 52 |

|   |    |
|---|----|
| Figure 21. Indice de brout moyen (a) et densité (nb/m <sup>2</sup> ) de semis en essences résineuses par classes de brout (b) selon les traitements et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles.....                   | 53 |
| Figure 22. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de semis en essences résineuses par classes de brout selon les différents traitements, les types de milieu de lumière et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles..... | 54 |
| Figure 23. L'intensité du brout selon la densité de semis par essence selon les différents traitements et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles.....  | 54 |
| Figure 24. La régénération en a) plantules, b) semis et de c) gaules selon les différents types de peuplement .....   | 59 |
| Figure 25. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantules, de semis et de gaules d'une essence selon la classe de valeur d'importance (%) du couvert supérieur .....   | 61 |
| Figure 26. Densité moyenne (nb/m <sup>2</sup> ) de plantules, semis et gaules en essences résineuse (total) selon la classe de valeur d'importance (%) du couvert résineux. ....  | 61 |
| Figure 27. Relation entre la densité de semis (nb/ m <sup>2</sup> ) et la surface terrière des différentes placettes à l'étude .....  | 63 |
| Figure 28. La moyenne de la hauteur et du diamètre au collet par essence selon l'intensité du brout. ....   | 65 |
| Figure 29. La moyenne des ratios hauteur (cm)/ diamètre au collet (cm) selon l'intensité du brout pour les différentes essences. ....   | 66 |
| Figure 30. Relation entre le ratio hauteur/diamètre au collet et le diamètre au collet pour les semis broutés et non-broutés .....  | 68 |

## Liste des Tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1. Résumé des informations sur la régénération du thuya, du sapin, de la pruche, de l'épinette blanche et du pin blanc.....  | 14 |
| Tableau 2. Résumé de la littérature sur l'effet du brout et la régénération résineuse. ....  | 18 |
| Tableau 3. Superficie, domaine bioclimatique, température et longueur de la saison de croissance pour le ravage de Duhamel et du lac 31 Milles. ....   | 21 |
| Tableau 4. Altitude, température moyenne et divers indicateurs de condition hivernale d'enneigement pour le ravage de Duhamel et du lac 31 Milles. ....                                      | 21 |
| Tableau 5. Estimation de la population de cerf dans les ravages pour les années documentées. ..  | 22 |
| Tableau 6. Estimation de la récolte annuelle de cerf dans les ravages pour les années documentées. ....  | 22 |
| Tableau 7. Type de forêts par paysage naturel pour le ravage de Duhamel et du 31 Milles. ....  | 23 |
| Tableau 8. Pourcentage et répartition des différents peuplements dans les ravages.....   | 24 |
| Tableau 9. Description de l'effort d'échantillonnage du dispositif de cette étude pour les témoins. ....   | 26 |
| Tableau 10. Description de l'effort d'échantillonnage du dispositif de cette étude pour les différents traitements.....  | 26 |
| Tableau 11. Classification du pourcentage de ramille brouté sur un semis. ....   | 30 |
| Tableau 12. Les mesures prises sur le terrain et les indicateurs. ....   | 30 |
| Tableau 13. Le nombre total de semis par essence, indice de broutement, pourcentage de semis broutés (selon l'intensité), pourcentage non-broutés et pourcentage de semis mort.....          | 41 |
| Tableau 14. Description des 10 types de peuplement que l'on trouve dans les ravages à l'étude. N= nombre de placettes.....   | 55 |
| Tableau 15. Proportion en essences (les feuillus et les espèces résineuses) par classes de taille dans les différents types de peuplement.....   | 55 |
| Tableau 16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) afin de comparer les moyennes de la densité des semis d'essences résineuses selon les divers peuplements.....                         | 57 |
| Tableau 17. Les classes de valeurs d'importances (VI) et pourcentage et le nombre de placettes (n) représentée dans chaque classe pour les diverses essences. ....                           | 59 |
| Tableau 18. Résultats de l'analyse statistique de la régression linéaire entre la densité de semis et la surface terrière pour les différentes essences dans les deux ravages à l'étude..... | 62 |
| Tableau 19. Les effectifs selon l'intensité du brout par essence. ....   | 64 |
| Tableau 20. Facteurs à considérer pour perpétuer les peuplements d'abri dans les ravages de cerf de Virginie.....  | 73 |

## 1. Introduction

### *Augmentation de la population du cerf de Virginie et son importance économique*

Grâce à ses capacités d'adaptation, à la création des nombreux biotopes découlant du déboisement graduel de la forêt et à un climat hivernal de plus en plus clément, la population de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) en Outaouais aurait augmenté au cours du dernier siècle (Goudreault 1995). L'Outaouais compte actuellement 49 ravages permanents, qui occupent environ 2000 km<sup>2</sup> du territoire forestier avec des densités de cerf qui varient entre 20 et 27 cerfs/ km<sup>2</sup> selon des inventaires de 2000 et 2001 (Goudreault 2007). De plus, la zone de chasse de cerfs de l'Outaouais est très importante dans la province (Huot *et al.* 2002). En 1996, la zone de chasse no. 10 fournissait 21,9% de la récolte totale de cerfs de la province (Lamontagne et Gignac 1997, Goudreault 2007).

Cette population est sujette à des fluctuations importantes ayant des répercussions sur son habitat et la biodiversité. 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 (Dumont *et al.* 2000) alors 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. D'un autre côté, une hausse de la densité de cerf de Virginie peut entraîner une forte pression de brout sur la régénération en essences résineuses et ainsi affecter la qualité d'abri des peuplements futurs. De plus, une population trop importante peut mettre en péril la survie de certaines populations de plantes qui offrent des qualités d'appétence pour le cerf, ce qui peut causer un risque pour la biodiversité.

### *Qualités d'habitat d'un ravage*

Les études de comportement du Cerf de Virginie ont depuis longtemps montré une discrimination claire dans l'utilisation de son habitat pour les fonctions d'alimentation et de protection contre les conditions adverses. Ainsi, la qualité d'un ravage en tant qu'habitat favorisant la survie du Cerf de Virginie dépendra de la disponibilité en habitats d'abri et de nourriture ainsi que de la connectivité entre ces deux habitats (Lefort *et al.* 2007). 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, et les cerfs affectionnent particulièrement les zones où la nourriture et l'abri sont à proximité (zone intensive d'alimentation dans les 15 premiers mètres de l'abri) afin de diminuer leurs déplacements (Lesage *et al.* 2000). Le cerf de Virginie montre une grande fidélité à son domaine vital d'année en année, mais encore plus pour les ravages permanents (Lesage *et al.* 2000); et les abris dans les ravages permanents constituent leur clé de survie en période hivernale. Il est donc

important que les ravages puissent continuer d'assurer aux populations de cerfs des conditions durables nécessaires pour faciliter leur survie en hiver et éviter les mortalités importantes.

Une étude sur les préférences hivernales d'habitat chez le cerf de Virginie au Québec révèle que le type de peuplement, le couvert en conifères (relation positive) et la quantité de tiges arbustives feuillues disponibles sont les éléments principaux considérés. Les ramilles d'espèces ligneuses feuillues constituent la principale source de nourriture hivernale (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*) et le thuya occidental (*Thuja occidentalis*). Le contenu en fibre est un critère d'utilisation des espèces végétales par le cerf (Dumont *et al.* 2005). Les cerfs sont moins sélectifs dans des conditions plus difficiles (augmentation de l'enfoncement dans la neige et avancement de l'hiver). Par exemple, durant un hiver très clément, les cerfs peuvent réduire leur consommation de sapin baumier (ou la proportion de ramilles de conifère).

Pour l'abri, les peuplements mixtes à dominance de conifère seraient particulièrement prisés, notamment lorsque le couvert en conifères 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'excellentes qualités d'abri pour le cerf de Virginie (Lesage *et al.* 2000, Huot *et al.* 1972). Les sites mal drainés, les dépôts organiques et les sites hydriques demeurent les plus susceptibles de soutenir ces types de peuplements. Les essences telles que le pin blanc et rouge (qui servent de coupe-vent), la pruche et le thuya (comme couvert résineux, nourriture et non-susceptibilité à la tordeuse) sont des essences longévives de prédilection pour l'abri du cerf. L'épinette présente aussi des caractéristiques intéressantes puisqu'elle est moins broutée que ces autres essences (Lefort *et al.* 2007), mais aussi possiblement moins fréquentée par le cerf.

En plus de la composition forestière, la qualité de l'abri varie aussi en fonction de l'âge. On constate que les peuplements commencent à être utilisés à partir 30 ans, probablement après que la période d'auto-éclaircie soit complétée, ce qui permettrait un déplacement plus aisé dans le peuplement. La structure peut aussi jouer dans la préférence des habitats d'abri car il a été estimé que les peuplements présentant une bonne densité sont préférés (Lesage *et al.* 2000).

### *Traitements effectués dans les ravages*

Afin de maintenir l'habitat (abri et nourriture) du cerf de Virginie dans les ravages, des documents techniques ont été produits (Demers *et al.* 1996 : Guide technique d'aménagement des boisés et terres privés pour la faune : No.14 *Les ravages de cerfs de Virginie*). Une recommandation importante de ce guide est de réaliser les travaux sylvicoles durant la période

hivernale afin vise d'assurer un apport additionnel en ramilles par les houppiers laissés sur le parterre de coupe.

Des dispositions réglementaires visant la conservation de l'habitat d'hiver des cerfs sur les terres publiques ont aussi été mises de l'avant (Règlement sur les habitats fauniques; chapitre IV.1 de la loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune). Cette réglementation a favorisé l'application en hiver de coupes de jardinage de coupes par bandes dans des peuplements d'abri résineux et mixtes à dominance de résineux. La coupe de jardinage est aussi pratiquée afin de favoriser les résineux dans certains types de peuplements comme dans les peuplements mixtes à dominance de feuillus. En ce qui concerne les coupes par bandes, on recommande de les réaliser dans les ravages non-déficitaires en abri. L'objectif est alors d'assurer la régénération en essences résineuses pour un recrutement d'habitat d'abri. Pour ce traitement sylvicole, on recommande de réaliser des bandes d'une largeur maximale de 25 m, orientées est-ouest, en petits blocs de 5 ha.

Bien que ces pratiques forestières aient été proposées pour rencontrer les besoins du Cerf de Virginie, il existe très peu d'informations à savoir si les pratiques proposées sont efficaces pour l'atteinte des objectifs initialement identifiés. Plusieurs informations sont manquantes quant à notre capacité à recruter des habitats d'abri pour l'avenir à l'aide de ces pratiques. Il est donc important de documenter l'effet des traitements sylvicoles réalisés sur les espèces (cèdre, pruche, pin, épinette, sapin,...) qui peuvent constituer un abri pour le cerf.

### *Problématique de recrutement en essence résineuse dans les ravages*

Au Québec, l'augmentation de la densité de cerfs dans certaines zones a eu un effet sur la régénération, causant la diminution de la représentativité de certaines essences recherchées comme nourriture par le cerf, notamment durant la période hivernale (Boucher *et al.* 2004, Crête *et al.* 2001, Goudreault 2007). Des problèmes de recrutement de certaines essences résineuses, notamment la pruche du Canada, le thuja occidental et le pin, ont été observés dans les peuplements forestiers d'Amérique du Nord fréquentés par le Cerf de Virginie, notamment dans les ravages où l'effet du broutement des cerfs est important (Rooney 2001). Le broutement par le cerf peut avoir plusieurs effets sur les semis résineux, dont la mortalité, mais aussi des changements sur la morphologie et la croissance (Russell *et al.* 2001). Au Québec, la régénération des essences résineuses dans les ravages, perpétuant l'abri hivernal pour la faune, n'a pas fait l'objet d'études approfondies, notamment face à l'augmentation du brout par le cerf. De plus, pour ce qui est de l'impact du brout sur la régénération résineuse après différentes coupes, aucune étude n'a été réalisée dans les ravages de cerfs du Québec, sinon à l'île d'Anticosti (Potvin *et al.* 2003).

Il devient donc important de vérifier si la régénération résineuse est suffisamment abondante pour assurer le renouvellement de l'abri, afin de maintenir dans le temps des ravages de qualités pour les cerfs et, en retour, comment la pression de brout du Cerf de Virginie peut contrecarrer les efforts de recrutement d'habitat d'abri. Comme certains peuplements résineux peuvent perdre en vieillissant une partie de leur potentiel d'abri, le recrutement en habitats d'abri se planifie à long terme (de 10 à 50 ans), il est important de porter une attention particulière sur la dynamique de recrutement et sur les pratiques qui peuvent l'accélérer.

Dans une approche de gestion intégrée des ressources, l'aménagement des forêts doit passer par une harmonisation des besoins. Dans le contexte des ravages de cerfs de Virginie, il est donc essentiel de balancer les besoins en alimentation du cerf durant la période hivernale, la protection de la biodiversité et le recrutement suffisant d'habitats d'abri pour le futur. Pour ce faire il faut mieux comprendre les effets des manipulations que l'homme effectue sur l'habitat du Cerf de Virginie dans les ravages sur ces trois dimensions et leurs interactions entre elles. La compréhension de l'effet des coupes sur la régénération en essences résineuses et sur la pression de broutement du chevreuil sont des mécanismes clés dans la compréhension de cette problématique. Les objectifs de cette étude s'attarderont donc sur ces mécanismes en particulier.

### *Objectifs*

Le but de cette étude est de mieux comprendre comment gérer la composante résineuse dans les zones d'abri du cerf de Virginie.

Plus spécifiquement, les objectifs sont :

- 1) de quantifier la régénération en essences résineuses dans les abris et les principaux peuplements offrant un potentiel d'abri pour le futur dans les ravages;
- 2) de comparer les effets des différents traitements sylvicoles réalisés sur la régénération en essences résineuses;
- 3) d'intégrer les connaissances acquises dans un outil d'aide à la décision pour guider le gestionnaire, lors de sa planification forestière, dans le choix des traitements sylvicoles les plus appropriés pour assurer le recrutement d'habitat d'abri, et cela en fonction de différentes conditions rencontrées.

## 1.1. Synthèse sur la régénération en essences résineuses

Les informations sur plusieurs facteurs influençant la régénération en essences résineuses, soit le thuya, le sapin, la pruche, l'épinette blanche et le pin blanc sont résumées au Tableau 1 (majoritairement tirées de Burns et Honkala 1990).

**Tableau 1. Résumé des informations sur la régénération du thuya, du sapin, de la pruche, de l'épinette blanche et du pin blanc.**

\* La litière des FT serait particulièrement problématique pour la régénération de la pruche, vu la taille de sa graine. Sous un couvert de pruche, le haut taux d'acides organiques contenu dans le sol, peu propice à la régénération des FT, tend à rendre la régénération de la pruche possible (Rogers 1977).

\*\* La pruche est l'espèce nord-américaine qui détient le record en terme de tolérance à l'ombre, pouvant survivre avec aussi peu que 1.8% de pleine lumière (Rogers 1977).

\*\*\* À 50 ans, on note un dhp d'environ 9 cm sur les sites pauvres et de 12,5 cm sur les sites plus riches.

\*\*\*\* Le thuya est reconnu comme tolérant à l'ombre (moins que le sapin mais plus que l'épinette). Il est généralement opprimé plusieurs années avant d'atteindre la canopée et semble bien réagir à l'éclaircie.

|   | Facteurs édaphiques  | Associations  | Production de graines  | Régénération  | Croissance   | Impact du broutement  |
|---|--|---|--|---|--|---|
| <b>Thuja occidentale</b><br><i>Thuja occidentalis</i> | Pousse sur une grande variété de sols. Principalement les milieux riches en minéraux et humides. Préférence pour les sites calcaires, avec des sols à pH neutre voire alcalin.   | Épinette noire, rouge et blanche, Érable rouge, Frêne noir et Mélèze pour les sites humides. Bouleau jaune, Pruche, Bouleau à papier, Pin blanc et Peupliers pour les sites plus secs       | La production de graines en grandes quantités débute lorsque le plant mère a atteint 30 ans. C'est à 75 ans que cette production atteint son maximum. Les graines sont viables dans la banque de graines du sol pendant 5 ans. Les peuplements en terrains surélevés ont une meilleure production de graines que ceux en terrains humides. | La régénération a principalement lieu sur du bois mort (plus de 70% dans les endroits non perturbés). La température plus faible, le taux d'humidité et la faible quantité de litière seraient les caractéristiques du bois mort qui favoriseraient la régénération. Une grande quantité de débris ligneux défavoriserait la régénération de l'espèce. Tandis que sur les sites perturbés, les buttes et les chemins de débardage seraient les lits de la germination.                        | Il croît généralement plus lentement que les espèces associées et particulièrement sur les sites humides***. Le taux d'humidité semble être une caractéristique importante pour la croissance des semis. 50% de lumière est le taux idéal pour assurer une croissance maximale****. Toutefois, cette luminosité peut entraîner une diminution de l'humidité du sol, et entraîner une baisse de la vitesse de croissance. La mortalité des semis est provoquée principalement par un déficit hydrique ou encore par le broutement | Impact du broutement peut être sévère sur les semis de Thuja, entraînant souvent une impossibilité de la régénération.  |
| <b>Sapin Baumier</b><br><i>Apies balsamea</i>         | Climat froid et humide sur une large variété de sol, principalement acide (mais pH optimum entre 6,5 et 7, avec un horizon A2 lessivé)   | Peuplier à grandes dents, Bouleau jaune, Hêtre à grandes feuilles, Érable rouge et Érable à sucre, Pruche, Pin blanc, Thuja occidental  | Production régulière commence après 20 ou 30 ans, avec une périodicité de 2 à 4 ans, les semences tombent d'août à novembre avec un pic en septembre. Les graines sont disséminées de 25 à 60 mètres du plant mère.  | L'humidité est le facteur principal pour la germination des graines devant la luminosité, puisque 10% de pleine lumière suffit pour la germination des graines. Ce sont les arbres de 40 ans qui produisent des semences avec le succès de germination le plus important.   | La mortalité après la première année est faible. On considère que les individus sont établis lorsqu'ils ont atteint 15 cm et que le second branchage est présent. 50% de lumière du soleil est nécessaire pour atteindre une croissance optimale. Les principaux compétiteurs pour la croissance sont les fougères, le framboisier, et les pousses des érables. Face à ces compétiteurs, les perturbations du sol profitent au Sapin baumier.  | C'est une source importante de nourriture pour les orignaux durant l'hiver. Pour le cerf, les peuplements de Sapin semblent être principalement utilisés comme refuge.            |
| <b>Pruche du Canada</b><br><i>Tsuga canadensis</i>    | On trouve la pruche du Canada la plus part du temps sur des sols, minces, pierreux, sableux, ou des dépôts limoneux minces. L'humidité du sol est aussi une caractéristique des stations à Pruche mais associée à un bon drainage. La dominance de la pruche est possible sur les sols infertiles grâce à la faible compétitivité des FT*. | Pin blanc, Bouleau jaune, Sapin baumier, Érable à sucre, Épinette blanche et rouge. Les prucheraies se trouvent généralement dans des pentes orientées nord-est et nord-ouest (Rogers 1977) | La Pruche produit des graines avec une grande constance, mais le taux de germination est faible (25%), et la durée de vie des graines ne dépasse pas une saison  | La régénération de la Pruche se fait principalement sous un couvert très dense** dans les forêts mûres. Les semis se développent généralement sur du bois en décomposition (Marx 2006) en raison des conditions d'humidité ainsi que l'absence de litière. Le passage du feu peut également favoriser la germination de la Pruche. Le stress hydrique serait l'une des causes principales de la mortalité des semis. Un scarifiage s'impose souvent sous forêt aménagée (USDA Forest service) | Les deux premières années de croissance seraient lentes, les individus concentrant leur énergie à développer leurs systèmes racinaires. Le bois mort favoriserait la croissance des Pruches. Ainsi plus le bois sur lequel s'est établie une Pruche est décomposé, plus la vitesse de croissance serait importante. Plus le stade de décomposition serait élevé, plus la présence de semis serait importante (Marx 2006)   | Le cerf de Virginie apprécie beaucoup la Pruche, dans certaines régions, des secteurs de régénération ont été éliminés par le cerf, et la Pruche a disparu de certaines localités |

| Facteurs édaphiques                                    |   |  |  |  |  | Impact du broutement  |
|--|---|--|--|--|--|---|
|  | Associations  | Production de graines  | Régénération   | Croissance   |  |   |
| <p><b>Épinette blanche</b><br/><i>Picea glauca</i></p> | <p>Espèce à grande plasticité, se trouve dans de large gamme de climats et de sols. On trouve l'Épinette blanche principalement sur des podzols, plus rarement sur des brunisols, luviosols, et des gleys. Elle s'accommode des sols acides et alcalins, et peut s'installer sur des terrains aussi bien pauvres que riches en nutriment. Si elle résiste bien à la sécheresse, l'Épinette blanche ne supporte pas les sols gorgés d'eau.</p> | <p>Épinette noire, Bouleau à papier, Peuplier faux tremble, Épinette rouge, Sapin baumier, Bouleau jaune et Érable à sucre.</p>  | <p>La production de graines commence chez les individus âgés de 4 ans, mais ce sont les arbres de 30 ans et plus qui ont la plus grande production. En fonction de sites, la fréquence des bonnes années de production peut être de l'ordre de 2 à 6 ans pour les sites les plus fertiles et tous les 10-12 ans pour les autres. Les étés chauds et secs favoriseraient la production des graines. Les conditions météo ont un impact important sur la chute des graines puisque les temps froids et pluvieux impliqueront une fermeture de cônes qui attendront des temps plus cléments pour s'ouvrir. Un individu en bonne santé sur un site adéquat peut produire jusqu'à 250 000 graines, celles-ci pouvant se disperser par anémochorie jusqu'à 300 mètres.</p> | <p>La dormance des graines dépend de la température et de la luminosité. La température optimale pour la germination est de 10 à 24 degrés. Ainsi, la germination a lieu entre mai et août mais 75% de la germination est faite avant juillet. La probabilité de survie des semis ayant germé après juillet diminue d'autant plus que l'on s'avance dans l'été. Les graines peuvent survivre plusieurs années et peuvent connaître plusieurs épisodes d'humidités et de sécheresses.</p> | <p>L'Épinette n'excède pas les 30 à 50 cm jusqu'à ces 4 ou 6 ans, par contre, on peut observer une augmentation des branches pendant cette période. Il faut entre 10 et 20 ans en fonction des conditions abiotiques pour que l'Épinette blanche atteigne une hauteur de poitrine. Il semble que la vitesse de croissance soit positivement corrélée à la luminosité, et en dessous de 15% de lumière, cette espèce dépérit. On note de plus que 11 jours à une température de 6 degré sont nécessaires pour observer le début de la production de bois (activité Mytotique)</p>             | <p>Pas d'information sur l'impact du broutement sur l'Épinette</p>          |
| <p><b>Pin blanc</b><br/><i>Pinus strobus</i></p>       | <p>Adapté à un climat froid et humide, on trouve le pin blanc sur une variété de sol: Ultisols, Spodosols, Entisols, and Alfisols. Ces sols sont souvent bien drainés sur une texture limoneuse. Ils sont souvent dérivés de granites, schiste, ou grès. Mais on trouve aussi cette espèce sur des sols sableux. Le Pin blanc ne supporte pas de pH inférieur à 4.</p>  | <p>Entre dans la composition de 5 types de couvert forestier selon la Société de Foresterie Américaine. Les principales espèces associées sont le Pin gris, le Sapin baumier, le Bouleau à papier, l'Érable rouge, la Pruche du Canada, Bouleau jaune, et le Thuja occidental.</p> | <p>Les bonnes années de production ont une fréquence de 3 à 5 ans. Plus un peuplement est vieux, plus il est productif, ainsi un peuplement de 90 ans donne près de 73kg de graines à l'hectare. La dispersion des graines a lieu durant le mois qui suit la maturité des cônes. Dans des milieux ouverts, les graines peuvent se disperser par anémochorie sur près de 210 mètres et à 60 mètres dans les milieux fermés.</p>   | <p>La germination en pleine lumière nécessite un substrat humide comme des mousses. Un sol minéral sec, une litière d'aiguille de résineux ou des herbes recouvrant sont défavorables à la germination. On remarque également que les débris de coupes offrent de bonnes conditions de germination.</p>  | <p>De 3 à 5 ans sont nécessaires pour que les semis se stabilisent et augmentent leurs viabilités. La luminosité est un facteur important puisque 20% de pleine lumière semble nécessaire pour maintenir les semis en vie. Le pin blanc est sensible à la concurrence racinaire, et la croissance s'en ressent. La vitesse de croissance est fonction de l'âge des individus ainsi les individus jeunes ont une croissance lente qui s'accélère avec le temps. Les arbres de 3 ans grandissent de 13 cm en moyenne, les arbres de 5 ans, de 30cm et les arbres de 8 à 10 ans, de 137 cm.</p> | <p>Impact non négligeable du broutement par le cerf sur la régénération</p> |

## 1.2. Synthèse sur les effets du brout des cerfs de Virginie sur la régénération en essences résineuses

### *La consommation des essences ligneuses par les cerfs de Virginie*

Un cerf de poids moyen doit pouvoir compter sur 1 kg de ramilles par jours. Bien que les cerfs ne consomment pas beaucoup de conifère durant la saison de croissance des plantes (ne se trouve pas dans les volumes > 1%) peu importe la densité de cerf (Daigle *et al.* 2004), la consommation en période hivernale est documentée. Selon certaines estimations, on trouverait le sapin baumier, la pruche et le thuya parmi les 10 principales essences ligneuses utilisées par le cerf au Québec. Une étude sur les exclos dans le ravage du lac 31 Milles et à Duhamel montre aussi les besoins de protection physique contre le brout plus important pour certaines essences résineuses que pour les essences feuillus. En effet, les essences résineuses ont tendance à mieux survivre protégées dans les exclos qu'à l'extérieur, comparativement aux feuillus où la différence ne changeait pas la survie (Goudreault 2007).

### *Les conséquences du brout*

La densité et l'abondance de cerf de Virginie a augmenté durant les 100 dernières années, augmentant en même temps leur aire de répartition en Amérique du Nord (Rooney 2001) tout en entraînant plusieurs conséquences. Parmi les conséquences, le problème de recrutement d'essences résineuses est grandement documenté (Tableau 2). Par exemple, la régénération des Thuya est presque impossible à faire sous une forte densité de cerfs (sans exclos). On note aussi que 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 dans les ravages, selon la densité de cerfs. Dans les ravages à l'étude, les observations qualitatives laissent croire que le sapin se régénère difficilement, car rarissimes sont les plants qui réussissent à franchir l'intervalle de hauteur soumis à l'influence des cerfs (Goudreault 2007).

Les résultats les plus fréquents dans la littérature sur l'effet du cerf sur les résineux sont les changements dans la morphologie des plantes (Tableau 2). On note dans une étude québécoise qu'un taux de broutement de moins de 50% des ramilles ne devrait pas influencer la survie des arbres, sans toutefois conclure sur les effets sur la morphologie et la qualité (Goudreault 2007). Cependant, le broutement est aussi fait sur les plants de petites tailles, et les semis de certaines essences peuvent être plutôt arrachés que broutés, augmentant ainsi de façon non-quantifiée la mortalité des plantules et semis.

Selon une étude résumée 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 résineuse de s'établir, afin d'assurer la continuité de cette essence en raison du cerf, ont eu lieu dans des sites où la densité de cerf est de plus de 8.5/km<sup>2</sup>. De plus cette étude note que les ressources disponibles pour les plantes (particulièrement la lumière) et les interactions avec la densité de cerf devraient être des facteurs importants pour des études futures (Russell *et al.* 2001). 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, 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). Certains de ces microsites continuent de créer un refuge contre le broutement pour la pruche, même 18 ans après la perturbation (Krueger et Peterson 2006).

Finalement, le broutement par les cerfs de Virginie, peut affecter et changer la composition future de la forêt (Russell *et al.* 2001), en affectant la composition de la régénération. D'autres impacts sont aussi existants, notamment la diminution de la diversité des plantes herbacées (48-81%) et des arbustes dans les forêts matures (Rooney 2001) avec l'augmentation de la densité de cerf.

**Tableau 2. Résumé de la littérature sur l'effet du brout et la régénération résineuse.**

| Essences | Type d'étude                                    | Résultats  | Référence                 |
|----------|---|--|---------------------------|
| Pruche   | Étude comparative de sites                      | Abondance des 30-140cm dans les endroits avec peu de cerfs et absence dans les enclos de cerf                            | Frelich et Lorimer 1985   |
| Pruche   | Étude comparative avec des exclusions naturelle | Sans cerf, hauteur des plans 3 fois plus grande, diamètre moyen 2 fois plus grand et densité moyenne 6 fois plus grande  | Long <i>et al.</i> 1998   |
| Pruche   | Modèle théorique                                | La diminution de la régénération de la pruche serait attribuable à la perte de substrat/changement de climat             | Mladenoff et Stearns 1993 |
| Pruche   | Étude comparative spatiale sur 100 sites        | Le nombre de pruches (entre 30-300cm) diminue significativement avec la pression des cerfs                               | Rooney <i>et al.</i> 2000 |
| Pruche   | Exclos  | Les pruches sont plus hautes sans cerf, hauteur corrèle négativement avec le brout, mais pas de différence sur la survie | Alverson et Waller 1997   |
| Pruche   | Étude comparative et exclos                     | À haute densité de cerfs (50-100/km <sup>2</sup> ) les tiges < 90mm dhp  | Anderson et Loucks 1979   |

|               |  |  |                               |
|---------------|--|--|-------------------------------|
|               |  | étaient absentes   |                               |
| Thuya         | Simulation de brout                                | Brout de 25% diminue le dhp et la hauteur  | Aldous 1952                   |
| Thuya         | Exclos   | Tiges beaucoup plus nombreuse et plus haute dans les exclos  | Little et Somes 1965          |
| Thuya         | Étude comparative temporelle                       | L'établissement du thuya se fait lorsque la population de cerfs est faible   | Van Deelen <i>et al.</i> 1996 |
| Sapin baumier | Corrélation entre densité de cerfs et régénération | Lorsque la densité de cerfs est de plus de 8 (soit 13.9 et 32.4), les sapins entre 1 et 5 pieds de hauteur sont très rares | Michael 1992                  |
| Pin blanc     | Exclos   | Augmentation de la croissance et de la survie dans les exclos lorsque la densité de cerf est élevée                        | Ward et Mervosh 2008          |

\*\* Plusieurs informations proviennent de Russell *et al.* 2001

## 2. Méthodologie

### 2.1. Description des zones à l'étude

L'Outaouais compte 49 ravages permanents, qui occupent environ 2000 km<sup>2</sup> du territoire forestier. La délimitation d'un ravage de cervidés s'établit par la superposition d'inventaires aériens successifs et de points de repères. Les zones d'étude choisies sont dans les ravages du Lac Trente-et-Un-Milles et le ravage de Duhamel, deux ravages importants en superficie (Figure 1). Le ravage de Duhamel est séparé en deux par le Lac Gagnon. Le ravage du Lac Trente-et-Un-Milles est séparé par la limite administrative entre l'Outaouais et les Laurentides. Dans l'Outaouais, on le trouve dans l'Unité d'Aménagement Forestier (UAF) 73-051 alors que dans les Laurentides, il couvre une partie à l'ouest de l'UAF 64-052. Pour cette étude, seule la portion de l'Outaouais a été étudiée. Ces deux ravages se trouvent dans l'érablière à bouleau jaune.

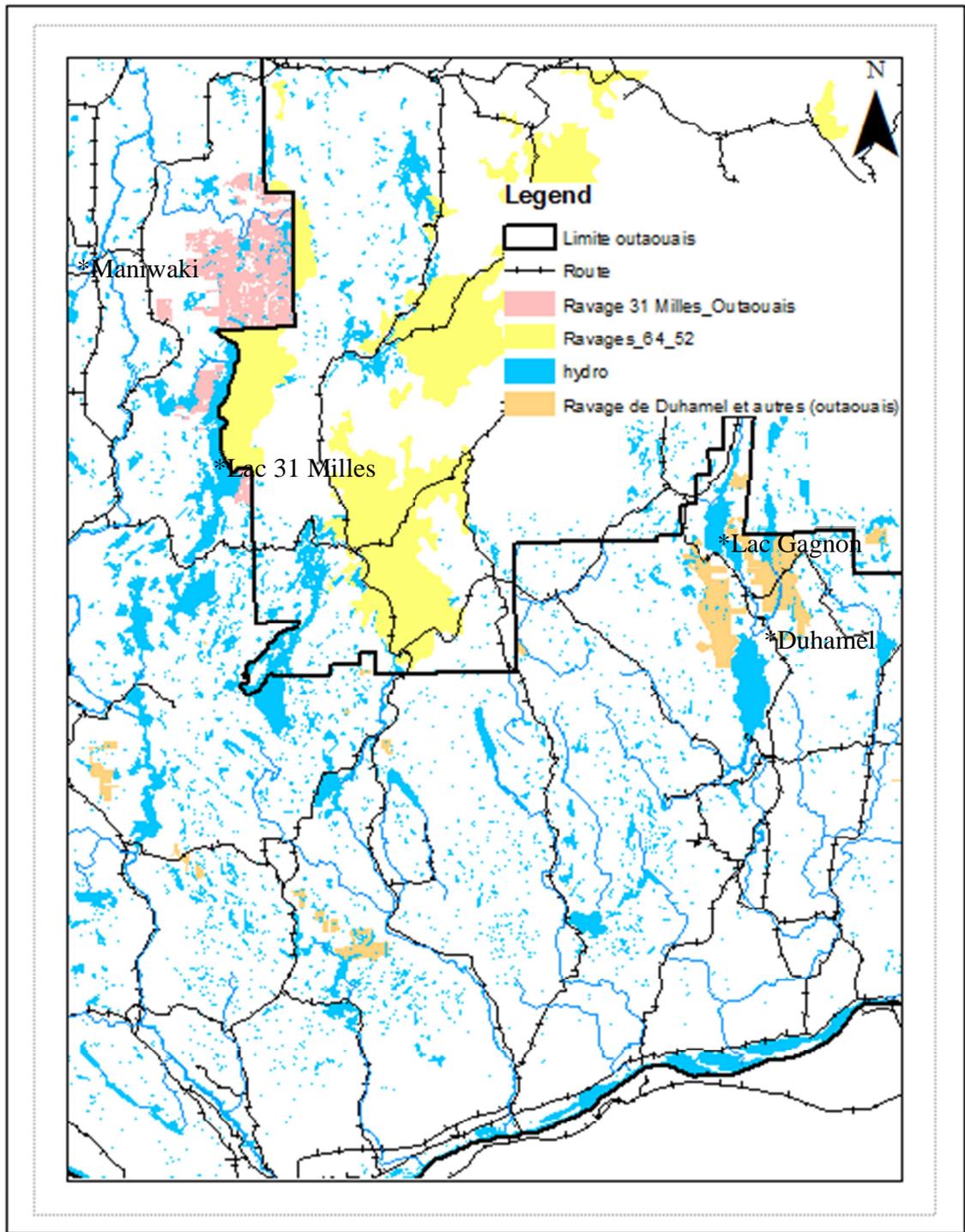


Figure 1. Le ravage du Lac Trente-et-Un-Milles en Outaouais (portion en rose) et dans les Laurentides (portion en jaune) et le ravage de Duhamel (à l'est orange).

### 2.1.1. Aire géographique, climat et particularité des ravages

Le ravage de Cerfs de Virginie du Lac des Trente et un Milles représente le plus grand ravage du Québec continental, soit près de 138 km<sup>2</sup>. Les caractéristiques géographiques, écologiques et climatiques des deux ravages à l'étude sont assez similaires (Tableau 3 et 4) quoique le ravage du Lac des Trente et un Milles présenterait des conditions légèrement plus clémentes en moyenne. La municipalité de Duhamel est la principale agglomération près du ravage de Duhamel ; la chasse et le festival du chevreuil de Duhamel sont des activités économiques importantes de la région. Au milieu des années 1980, l'idée de nourrir les cerfs était très présente dans la région avec le phénomène de Cerf en Ville.

**Tableau 3. Superficie, domaine bioclimatique, température et longueur de la saison de croissance pour le ravage de Duhamel et du lac 31 Milles.**

|           | Domaine | Superficie (ha) | Domaine bioclimatique     | T° moyenne annuelle | Longueur de la saison de croissance (jours) |
|-----------|---------|-----------------|---------------------------|---------------------|---|
| Duhamel   | ERBJ    | 8390            | Érablière à bouleau jaune | 2.5-5.0             | 170-180                                     |
| 31 Milles | ERBJ    | 13 840.6*       | Érablière à Tilleul       | 4.0-5.0             | 180-190                                     |

**Tableau 4. Altitude, température moyenne et divers indicateurs de condition hivernale d'enneigement pour le ravage de Duhamel et du lac 31 Milles.**

| Ravage    | Altitude moyenne (m) | T° moyenne en Janvier | T° moyenne en Juillet | Duré moyenne de neige au sol (jours) | Accumulation de neige au sol (cm) | Nb moyen de jours-cm d'enfoncement | Degrés-jours | Nb annuel avec plus de 50cm neige (jours) |
|-----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------|---|
| Duhamel   | 230                  | -12°                  | 20°                   | 132±12                               | > 100                             | 4245                               | 1440-1550    | 40  |
| 31 Milles | 184                  |                       |                       | 129                                  |                                   | 3925                               | 1440-1550    | 33  |

### 2.1.2. Évaluation de la population de cerf et de la récolte

À partir des données disponibles sur les populations de cerf de Virginie dans les deux ravages (Tableau 5), ainsi que celles sur la récolte annuelle de chasse (Tableau 6), il est possible de comparer relativement la densité et la population du Cerf de Virginie. On note une densité et une population plus grande au ravinage du Lac de 31 Milles qu'à Duhamel pour les périodes dont les estimations sont possibles (la période 2001-2002 étant la dernière en date).

Tableau 5. Estimation de la population de cerf dans les ravages pour les années documentées.

| Années    | Estimation de la population de cerf dans les ravages |      |   |        |        |
|-----------|--|------|---|--------|--------|
|           | 1982   | 1986 | Densité de cerfs/km <sup>2</sup> estimées en 2000 et 2001 | 2000   | 2002   |
| Duhamel   | 1400   | 2740 | 20.6  |        |        |
| 31 Milles |  |      | 27.0  | 66 711 | 90 000 |

Tableau 6. Estimation de la récolte annuelle de cerf dans les ravages pour les années documentées.

| Années    | Estimation de la récolte annuelle de cerf dans les ravages |      |           |  |  |
|-----------|--|------|-----------|--|--|
|           | 1985-1994 (environ) 1990-1994                              | 1995 | 1996-2002 |  |  |
| Duhamel   | 150  | 240  |           |  |  |
| 31 Milles | 480  | 764  | 858       |  |  |

### 2.1.3. Type de forêts par paysage naturel

La végétation offre des caractéristiques différentes entre les deux ravages à l'étude, notamment la présence de l'érablière à bouleau jaune sur les sites mésiques à Duhamel, comparativement à l'érablière à tilleul au ravinage du lac 31 Milles (Tableau 7). Parmi les essences résineuses longévives, on note les prucheraies à bouleau sur les sites xériques à Duhamel, ainsi que les pinèdes (sur sites xériques) et la cédrière tourbeuse (sites hydriques et sols organiques) au 31 Milles (Tableau 7).

Tableau 7. Type de forêts par paysage naturel pour le ravage de Duhamel et du 31 Milles.

|           | Type de couvert        | Type de dépôts   | Végétation potentielle des sites mésiques                          | Végétation potentielle des sites xérique              | Végétation potentielle des sites hydriques           | Végétation potentielle des sols organiques |
|-----------|------------------------|--|--|---|--|--|
| Duhamel   | Données non-disponible | Vallée : till épais<br>Dans certains secteurs : moraine et épandage fluvioglaciaires<br>Coteaux : till mince     | Érablière à bouleau jaune<br>Bas de pente : Bétulaie jaune à sapin | Prucheraie à bouleau jaune                            | Sapinière à bouleau jaune et frêne noir              | Frênaie noire à sapin                      |
| 31 Milles | 37% F, 47% M, 16% R    | Vallée : glaciolacustres sableux et argileux<br>Plus haut : fluvioglaciaires en terrasse<br>Coteaux : till mince | Érablière à tilleul  | Érablière à chêne rouge, pinède à pins blanc ou rouge | Sapinière à érable rouge, cédrière tourbeuse à sapin | Cédrière tourbeuse                         |

#### 2.1.4. Les peuplements et leur répartition dans les ravages

À l'intérieur d'un ravage, on peut caractériser la végétation en 3 types d'habitat en lien avec les besoins du cerf, soit une zone d'abri, une zone d'abri et nourriture ou une zone de nourriture. Un bon ravage doit contenir un certain minimum d'abri. La proportion visée est de 20% pour la zone de caractérisation dans l'Outaouais (MLCP 1991). Le ravage idéal doit comporter des abris bien répartis sur son ensemble. Pour les habitats d'abri et nourriture, selon les recommandations de Bélanger *et al.* (1991), il faudrait maintenir entre 20-30% du territoire, et cela toujours bien réparti. Toujours d'après ce guide, les secteurs à plus de 100m des abris principaux seraient moins utilisés par le cerf, celui-ci s'alimentant majoritairement dans les 15 premiers mètres d'une ouverture. Les pourcentages et la répartition de ces trois types de zones ont été estimés dans les plans d'intervention des ravages à l'étude (Plan d'intervention du Ravage de Duhamel par Anouk Pohu et al. et Plan d'aménagement du ravage de cerf de Virginie du Lac des trente et un milles, 2005 par la société sylvicole de la haute-Gatineau Ltée) (Tableau 8). On constate que le Ravage de Duhamel rencontre la proportion recommandée d'abri par le guide mais pas le ravage du lac 31 Milles. Les auteurs ont estimé que la répartition et la connectivité entre l'abri et la nourriture était problématique pour les deux ravages.

Tableau 8. Pourcentage et répartition des différents peuplements dans les ravages inspirée du plan d'intervention du Ravage de Duhamel et du Plan d'aménagement du ravage de cerf de Virginie du Lac des trente et un milles, 2005 par la société sylvicole de la haute-Gatineau Ltée.

|           | % d'abri | Répartition d'abri | % d'abri-nourriture | Répartition d'abri-nourriture | % Nourriture | % Peu utilisé et autre |
|-----------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|------------------------|
| Duhamel   | 22.9     | Bonne              | 26.8                | Problème                      | 13.8         | 36.5                   |
| 31 Milles | 13.6     | Problème           | >20                 | Problème                      | >20          |                        |

### 2.1.5. Traitements sylvicoles effectués dans les ravages pour le recrutement d'habitats d'abri

Des traitements ont été appliqués à ces différents types d'habitat dans le but de maintenir des proportions adéquates de chacun d'eux pour les besoins du cerf de Virginie. La coupe de jardinage est une récolte périodique (15-20 ans) d'arbres choisis individuellement ou par groupe, qui permet l'entretien des peuplements comportant des arbres d'âges différents. Ce traitement (souvent appliqué sous forme de jardinage par trouées) est appliqué aux peuplements inéquiennes qui présentent des qualités d'habitat d'abri et d'abri-et-nourriture dans les ravages. Le but est de régénérer le peuplement tout en maintenant un couvert, sans avoir recours aux coupes totales.

La coupe progressive avec protection de la régénération (CPRS) est une méthode de coupe applicable dans les forêts dont les arbres ont à peu près le même âge (forêts équiennes) et où la régénération naturelle est suffisante. Elle mise sur cette régénération naturelle pour rétablir le peuplement. Dans les ravages, ce type de coupe est souvent pratiqué en petites bandes sur de petites superficies (coupe par bande). La coupe par bande dans les ravages à l'étude a été faite dans des peuplements d'abri seulement.

## 2.2. Dispositif expérimental

Cette étude utilise un dispositif expérimental visant à comparer la régénération en essences résineuses dans les ravages sous différentes conditions. Les conditions explorées sont :

### Facteur 1 : Région

- Toutes les mesures/traitement ont été répétées dans les 2 ravages à l'étude soit les ravages du lac Trente-et-Un-Milles et de Duhamel.

### Facteur 2 : Zones

- Dans chaque ravage, deux zones, soit à l'intérieur du ravage et à l'extérieur du ravage ont été étudiées. Les zones hors ravage ont été sélectionnées pour avoir les mêmes caractéristiques forestières que les zones à l'intérieur du ravage.

### Facteur 3 : Type d'habitat

- Dans chaque zone, des peuplements résineux (i) d'abri et des peuplements mixtes (ii) d'abri-et-nourriture ont été sélectionnés.

### Facteur 5 : Traitements sylvicoles

- Pour les peuplements d'abri (i), deux traitements ont été comparés aux témoins, soit la coupe de jardinage et la coupe par bande, les deux traitements ayant été effectués voilà entre 10-15 ans.

### Facteur 6 : Type de milieu de lumière

- Dans le cas spécifique des traitements, nous nous sommes intéressés aussi à l'effet des ouvertures créées par les traitements et avons distingué trois types de milieu de lumière, soit le milieu d'ouverture, le milieu sous-couvert, et l'écotone, qui se situe entre les deux.

Pour chaque peuplement échantillonné, des données sur la régénération en essences résineuses et le couvert forestier ont été récoltées dans une parcelle. Pour les données sur la régénération, chaque parcelle comprenait 3 transects pour les témoins et 9 transects pour les peuplements ayant fait l'objet d'un traitement sylvicole (3 sous couvert, 3 dans l'écotone, 3 dans l'ouverture créée par le traitement). Tous les transects étaient de 20 m de long par 2.5 m de large (total de 450 m<sup>2</sup>), situés à 50 m d'espacement entre eux.

Avec tous ces facteurs, il ne nous a cependant pas été possible de développer un dispositif factoriel complet. En effet,

- 1) nous n'avons pas de données sur la régénération en essences résineuses après traitement dans les zones hors-ravage (Figure 2) ;
- 2) comme mentionné précédemment, les types de milieu de lumière ont été distingués seulement dans le cas des secteurs traités.

Conséquemment, le nombre de parcelles et de transects d'échantillonnage de la régénération pour chaque niveau n'est pas égal, ce qui limitera notre capacité statistique dans nos comparaisons. Les tableaux 9 et 10 résume l'effort d'échantillonnage réalisé par combinaison des facteurs.

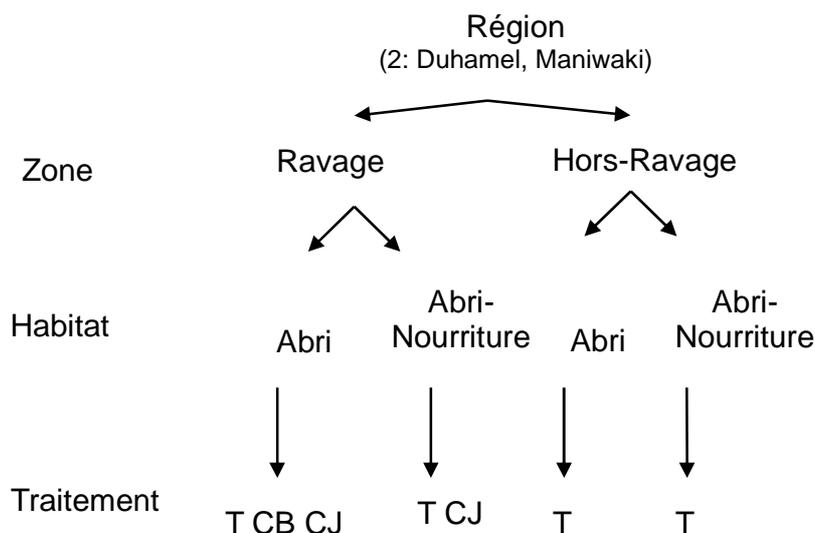


Figure 2. Schéma représentant le dispositif utilisé pour cette étude. T= témoins, CJ= coupe de jardinage, CB = coupe par bande.

Tableau 9. Description de l'effort d'échantillonnage du dispositif de cette étude pour les témoins.

| Zone        | Peuplement      | Réplicats | Transects /réplicats | Nombre de ravage à l'étude | Total de transects |
|-------------|-----------------|-----------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Hors-ravage | Abri            | 5         | 3                    | 2                          | 30                 |
| Ravage      | Abri            | 5         | 3                    | 2                          | 30                 |
| Hors-ravage | Abri-nourriture | 6         | 3                    | 2                          | 36                 |
| Ravage      | Abri-nourriture | 6         | 3                    | 2                          | 36                 |

Tableau 10. Description de l'effort d'échantillonnage du dispositif de cette étude pour les différents traitements.

| Peuplement      | Traitement         | Milieu de lumière | Réplikat | Transect/ réplikat | Nombre de ravage à l'étude | Total de transect |
|-----------------|--------------------|-------------------|----------|--------------------|----------------------------|-------------------|
| Abri            | Coupe par bande    | Couvert           | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri            | Coupe par bande    | Écotone           | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri            | Coupe par bande    | Ouvert            | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri            | Coupe de jardinage | Couvert           | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri            | Coupe de jardinage | Écotone           | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri            | Coupe de jardinage | Ouvert            | 5        | 3                  | 2                          | 30                |
| Abri-nourriture | Coupe de jardinage | Couvert           | 6        | 3                  | 2                          | 36                |
| Abri-nourriture | Coupe de jardinage | Écotone           | 6        | 3                  | 2                          | 36                |
| Abri-nourriture | Coupe de jardinage | Ouvert            | 6        | 3                  | 2                          | 36                |

### 2.2.1. Sélection des peuplements et des traitements

Le choix des peuplements pour cette étude et la location des placettes a été effectué après une analyse spatiale du territoire et une visite de terrain. Les peuplements d'abri et les peuplements d'abri-et-nourriture ont été sélectionnés afin de respecter les critères de classification de ces sites dans les ravages, reliés aux besoins du cerf de Virginie. L'abri est fourni par les peuplements à dominance résineuse de plus de 30 ans et assez dense (densité A ou B). Pour la composition, le cèdre, la pruche, l'épinette blanche et rouge, le pin blanc et le sapin font partie des essences désirées. Lorsque l'abri est bien entremêlé/connecté, un peuplement de quelques hectares d'abri peut suffire. Dans les peuplements d'abri et nourriture, la présence d'un couvert résineux (plus ou moins dense) est entremêlée d'un couvert feuillu. Pour la composition, le cèdre, la pruche, l'épinette blanche et rouge, le pin blanc et le sapin font partie des essences résineuses désirées, les essences feuillues désirées étant principalement l'érable à sucre, le bouleau jaune, le tilleul, l'érable rouge. De plus, un sous-étage arbustif bien développé doit être présent. Dans ces peuplements, la nourriture est produite par une grande variété d'arbustes qui offrent des ramilles (à une hauteur entre 25 et 225cm) au-dessus du sol.

Les placettes ont été aléatoirement localisées dans ces peuplements tout en respectant un espacement minimum entre elles de 200 m. La localisation des coupes par bande s'est fait dans des peuplements rapprochés et parfois aux extrémités d'un même peuplement en raison de la rareté de ce traitement (Figure 3 et 4).

Les peuplements traités sélectionnés devaient avoir été coupés entre 1995-2005 (c.-à-d., avoir entre 5-15 ans). À Duhamel, nous avons sélectionné des peuplements d'abri et d'abri-nourriture traités par coupe de jardinage faites en 1996, 1997 et 2000, et dans les peuplements d'abri, par des coupes par bandes de 2002. Les témoins sont des sites de plus de 70 ans. Au ravinage du lac 31 Mille, nous avons sélectionné des peuplements d'abri et d'abri-nourriture traités par coupe de jardinage faites en 1998, 2000 et 2001 et des coupes par bandes faites vers 1995.

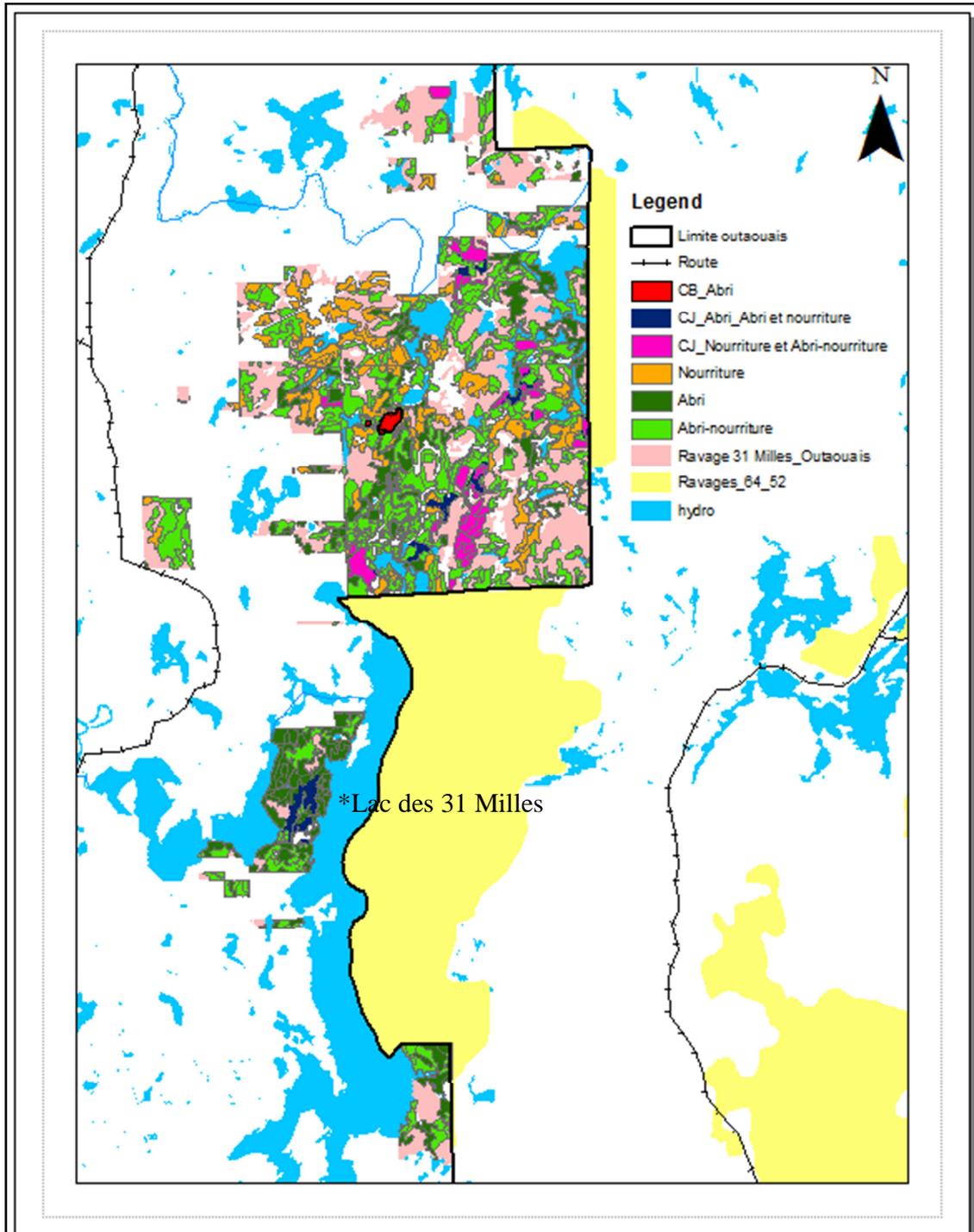


Figure 3. Localisation des peuplements d’abri, d’abri-nourriture et des traitements dans le ravage du Lac 31 Milles. CJ= coupe de jardinage, CB= coupe par bande.

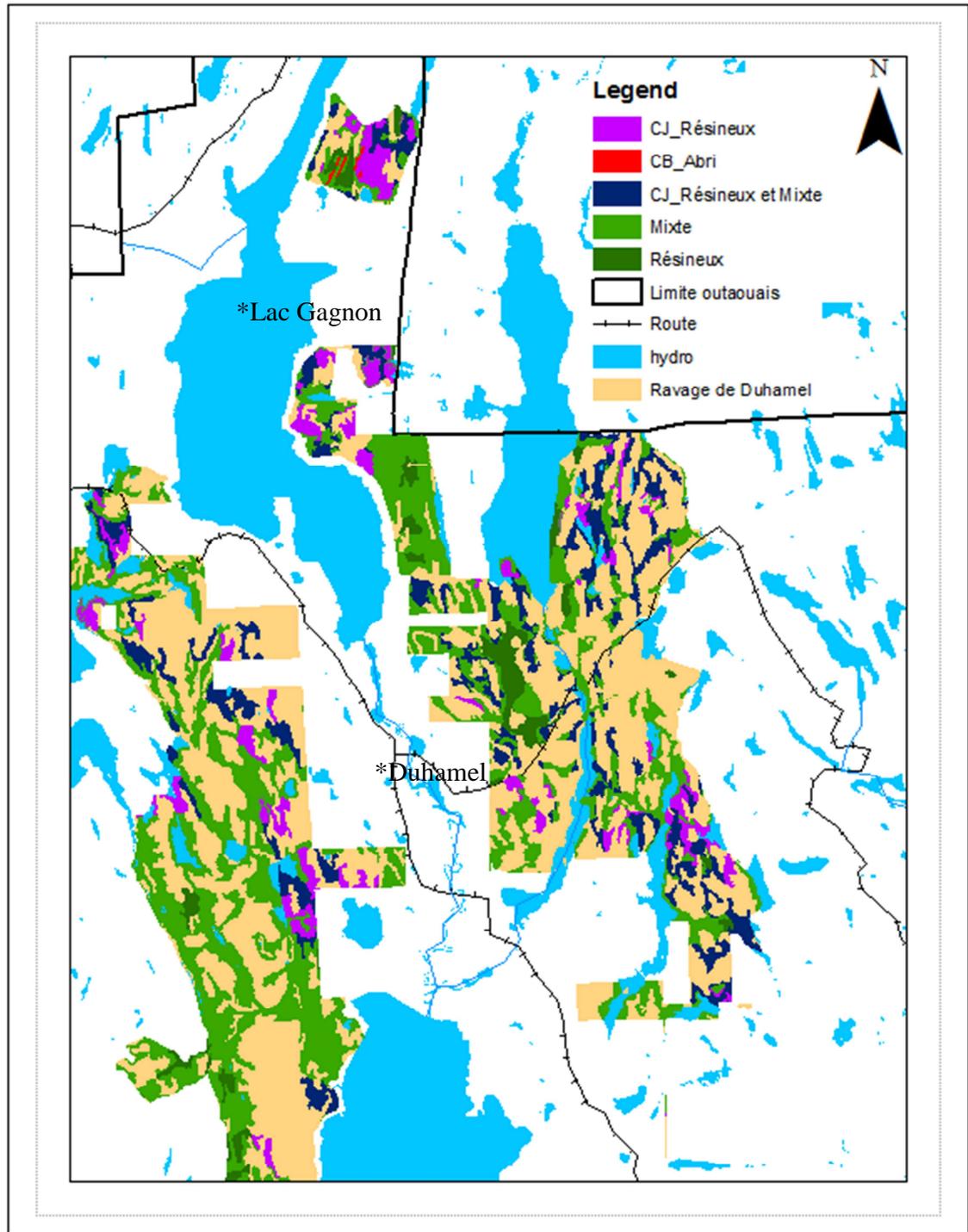


Figure 4. Localisation des peuplements d'abri, d'abri-nourriture et des traitements dans le ravage de Duhamel. CJ= coupe de jardinage, CB= coupe par bande. Note : nous n'avons pas sélectionné tous les peuplements potentiels.

### 2.2.2. Prise de mesure

#### Peuplement

L'espèce et la classe de taille des arbres (perches 10-20cm, moyen fût 20-40 cm, grand fût 40-60 cm et très grand fût plus de 60 cm) sont notées pour tous les arbres qui entrent dans un point de prisme de facteur 2 effectué au centre de chaque transect. Ces données servent aussi à calculer la surface terrière pour le transect en question.

#### Régénération

Des mesures de dénombrement de la régénération en essences résineuses par classes de tailles et par espèces ont été prises dans les transects. Les classes de taille sont la plantule (moins de 50 cm), le semis (entre 50 et 300 cm) et la gaule (plus de 300 cm, mais de moins de 9.1 cm au DHP). Une attention particulière est portée aux semis puisqu'ils ont plus de chance de survie que les plantules mais peuvent être grandement affectés par le brout (forte pression du broutement entre 50 cm et 225 cm). Ainsi, la hauteur et le DHP au collet de chaque semis est mesuré. Pour les gaules, on note le DHP. La cause de mortalité des semis est diagnostiquée le plus exactement possible pour les semis morts (la mortalité naturelle, broutement). En s'inspirant de la méthode suivie pour l'inventaire du brout décrite par Potvin (1995), nous avons développé une classification du pourcentage brouté de ramille (Tableau 11).

Tableau 11. Classification du pourcentage de ramille brouté sur un semis.

| Indicateur          | 1  | 2     | 3      | 4      | 5      | 6       | 7    |
|---------------------|----|-------|--------|--------|--------|---------|------|
| % de ramille brouté | 0% | 1-20% | 20-40% | 40-60% | 60-80% | 80-100% | Mort |

Les différentes mesures prises sur le terrain et les indicateurs calculés sont identifiés pour chaque classe de taille au Tableau 12.

Tableau 12. Les mesures prises sur le terrain et les indicateurs.

|                  | Densité | Densité par essence | DHP | Diamètre collet | Hauteur | Ratio Hauteur/collet | Indice de brout |
|------------------|---------|---------------------|-----|-----------------|---------|----------------------|-----------------|
| Plantule 0-50 cm | √       | √                   |     |                 |         |                      |                 |
| Semis 50-300 cm  | √       | √                   |     | √               | √       | √                    | √               |
| Gaule > 300 cm   | √       | √                   | √   |                 |         |                      |                 |

### 2.3. Analyse des données

Les données des trois transects (150 m<sup>2</sup> au total) ont été combinées ensemble avant analyse pour chaque condition (zone/peuplement/traitement/ type de milieu de lumière). L'indice de brout est calculé en faisant la moyenne des indicateurs de pourcentage de ramille brouté (de 1 à 6) des semis vivants. D'un autre côté, l'intensité du brout représente directement la proportion de l'indicateur de ramille brouté et de la mortalité (1 à 7). L'indice de brout et l'intensité du brout sont calculés pour chaque condition et par essence.

Comme la pression de broutement observé est vraiment différente entre les ravages de Duhamel et du lac 31 Milles, les données ont été analysées séparément. Les différents témoins (dans le ravage/hors-ravage, pour l'abri et l'abri-nourriture) ont pu être comparés. On a aussi comparé les moyennes après coupe de jardinage, après coupe par bandes et pour les témoins dans l'abri pour les 2 ravages. Finalement, la coupe de jardinage a été comparée aux témoins dans l'abri-nourriture. Les moyennes ont été comparées à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) appropriée selon le cas, utilisant le seuil de confiance  $\alpha=0.05$ .

L'analyse de la régénération résineuse en fonction du peuplement forestier a été réalisée en regroupant la différente végétation des placettes en type de peuplement, en tenant compte de l'essence et de la classe de taille. Une analyse de *clustering* (logiciel R) utilisant les *k-means* a permis de regrouper la végétation des différentes placettes en 10 types de peuplements. La moyenne par essence et par classe de taille de ces peuplements a été calculée. Les moyennes de la densité de semis d'essences résineuses ont été comparées (ANOVA) pour les différents types de peuplement afin de voir s'il y a des différences significatives (seuil de confiance  $\alpha=0.05$ ).

La valeur d'importance (VI) du couvert, en pourcentage, a été calculée pour chaque placette. La valeur d'importance est un indice qui prend en compte la densité (D) relative et la surface terrière (ST) relative d'une espèce (es) dans la placette.

$$VI_{es}(\%) = \left( \frac{ST_{es}}{ST_{placette}} \right) * 50 + \left( \frac{D_{es}}{D_{placette}} \right) * 50$$

Cet indice permet de classer les espèces par ordre d'importance selon la placette. Pour chaque espèce, nous avons ensuite corrélé sa valeur d'importance (VI) avec sa densité de plantules, de semis et de gaules. La surface terrière de la placette a aussi été mise en relation avec la régénération résineuse (par essence) à l'aide de régression linéaire.

Le ratio hauteur/diamètre au collet peut donner des indications sur le brout et la récurrence annuelle du brout. Les semis ayant une faible hauteur avec un diamètre au collet important indiquent la difficulté de croissance d'une plante broutée par le cerf. Pour chacune des essences, nous avons donc évalué la moyenne de la hauteur, du diamètre au collet et de la hauteur divisée par le diamètre au collet des semis selon l'intensité du brout. Nous avons aussi représenté le ratio hauteur/diamètre au collet en

fonction du diamètre au collet pour les semis selon la présence de brout (brout / sans brout). Finalement, les semis morts ont été analysés de la même façon.

### *Détermination des peuplements d'abri bien régénérés et des peuplements mal régénérés*

La densité de plantules est un indicateur de la présence et du succès de reproduction des espèces résineuses. Cependant, plusieurs plantules ne dépasseront pas la hauteur de 50cm, le taux de mortalité étant élevé dans cette classe de taille. Ainsi, l'analyse de la densité des semis et des gaules semblent être plus approprié afin de quantifier la régénération résineuse, dans le but de perpétuer des abris futurs. Un autre indicateur de la régénération en essence résineuses peut être utilisée soit la proportion et la densité en perche (classe de taille 10-20 cm), des différentes essences résineuses, comparativement aux feuillus et aux classes de tailles plus grande. Cette information disponible avec l'analyse des peuplements permet d'avoir une idée de l'enfeuillement ou le maintien en composition des peuplements résineux.

Nous avons utilisé des seuils pour indiquer si la densité de semis, de gaules ou de perches étaient suffisantes pour maintenir la fonction d'abri du peuplement dans le futur. Si l'on estime qu'un peuplement d'abri serait d'environ 500 tiges matures résineuses à l'hectare, on évalue, dans cette étude, que la présence d'au moins 1333 semis/ha, de 333 gaules/ha et de 333 perches/ha permettraient d'atteindre cet objectif, même en présence de cerf. Ainsi, ces densités ont servi à classer les peuplements qui semblent perpétuer les abris. Des peuplements dont 2 des 3 conditions (densités de semis, de gaules ou perche) sont remplis, peuvent être classés comme peuplements avec un potentiel d'abri. Tandis que les autres peuplements (1 ou aucune condition de replis) sont considérés comme des peuplements d'abri mal-régénérés ou des peuplements d'abri-nourriture ne perpétuant pas l'abri.

### **3. Résultats**

#### **3.1. Densité de la régénération résineuse; comparaison des témoins**

On note dans le ravage de Duhamel, pour toutes les classes de taille, des densités essences résineuses plus grandes (presque le double) hors-ravage que dans le ravage ; les peuplements d'abri étant mieux régénérés en résineux que les peuplements d'abri-nourriture (Figure 5). Les densités les plus faibles de plantules, de semis et de gaules se trouvent dans les zones d'abri-nourriture dans les ravages pour Duhamel et pour le lac 31 Milles. Ces résultats, bien qu'attendus, ne se répètent pas dans le ravage du lac 31 Milles. On y observe une densité de semis et de gaules, hors ravage, est plus élevée dans les peuplements d'abri-nourriture que dans les peuplements d'abri et la situation inverse dans le ravage. Vu la différence entre les deux ravages, même pour les témoins, ceux-ci seront considérés séparément pour la suite des analyses.

#### **3.2. Densité de la régénération résineuse par essence; comparaison des témoins**

##### *Dans le ravage de Duhamel*

La densité par essences résineuses pour les 3 différentes classes de taille montre que le thuya occupe plus de la moitié de la densité hors ravage dans les abris, suivi du sapin (Figure 6). Toujours hors ravage, dans des peuplements d'abri-nourriture, c'est le sapin qui occupe plus de la moitié de la densité pour les 3 différentes classes de taille. Dans le ravage, le portrait est différent ; on observe notamment la diminution de la représentativité du thuya pour les plantules et son absence chez les semis et les gaules (Figure 6). Le sapin y occupe près de la moitié de la densité pour les plantules, mais sa représentativité est grandement diminuée chez les semis et les gaules. Pour la pruche, dans le ravage, les densités sont semblables pour les plantules dans l'abri et l'abri-nourriture, sa représentativité augmentant beaucoup pour les semis et les gaules notamment dans les zones d'abri, avec plus de 80% de la densité. L'épinette blanche ne représente jamais plus de 10% de la densité, le pin blanc étant encore plus rare.

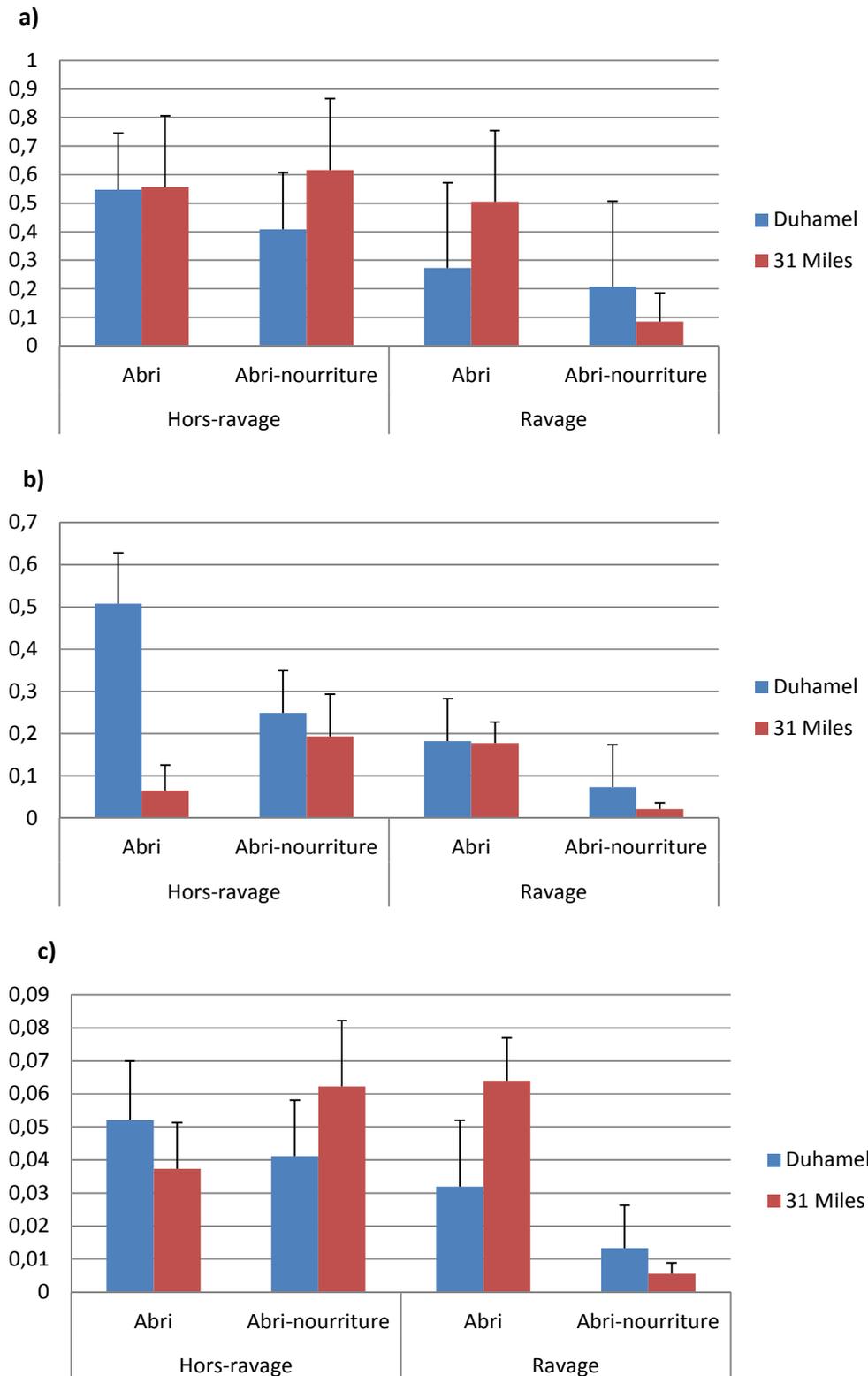


Figure 5. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) des plantules (a), semis (b) et gaules (c) pour les témoins dans les deux ravages. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

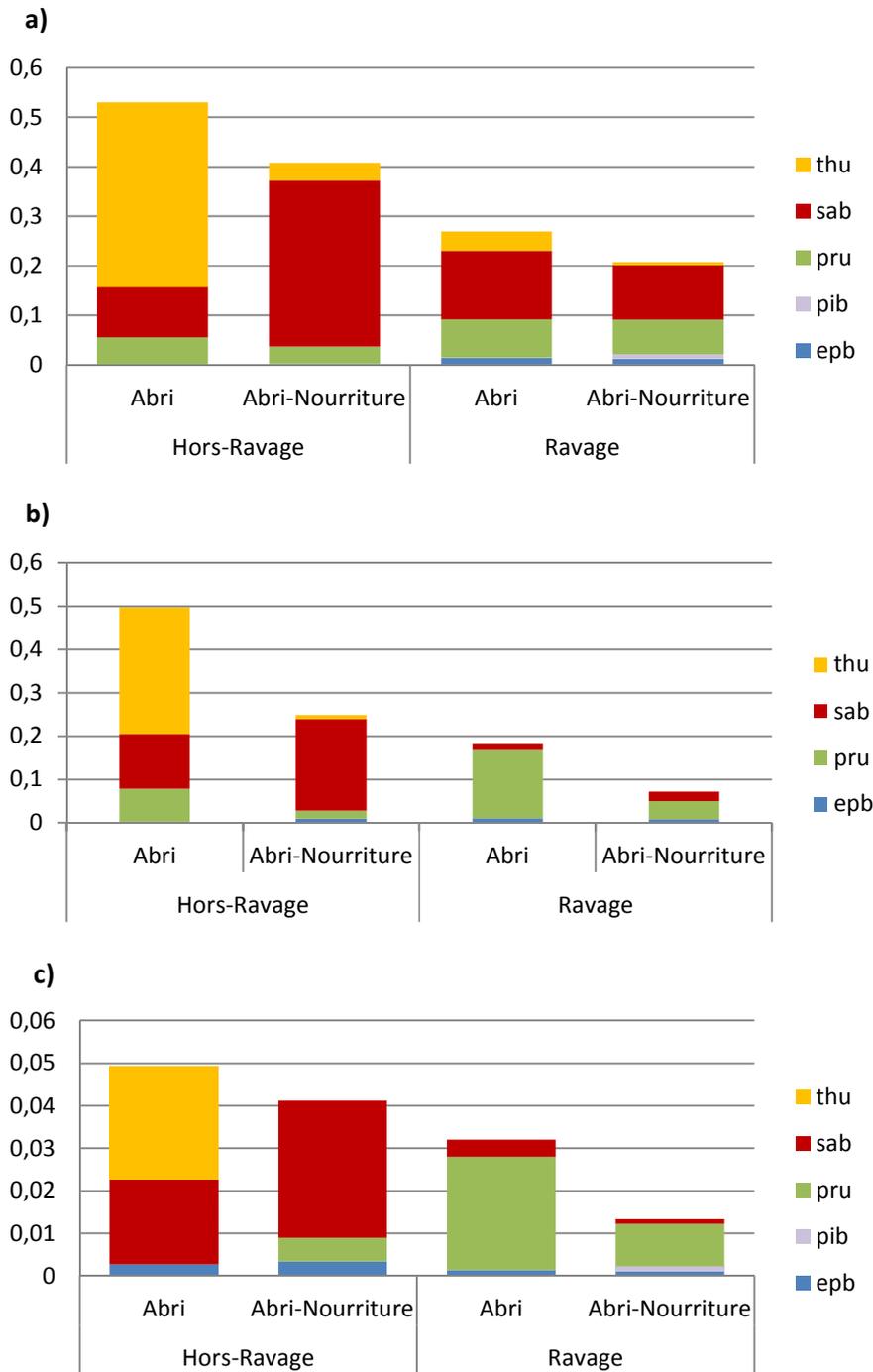
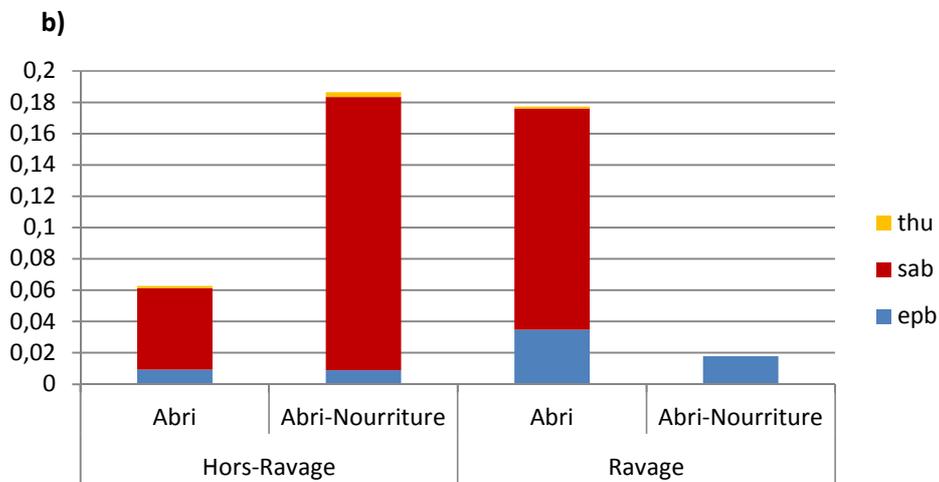
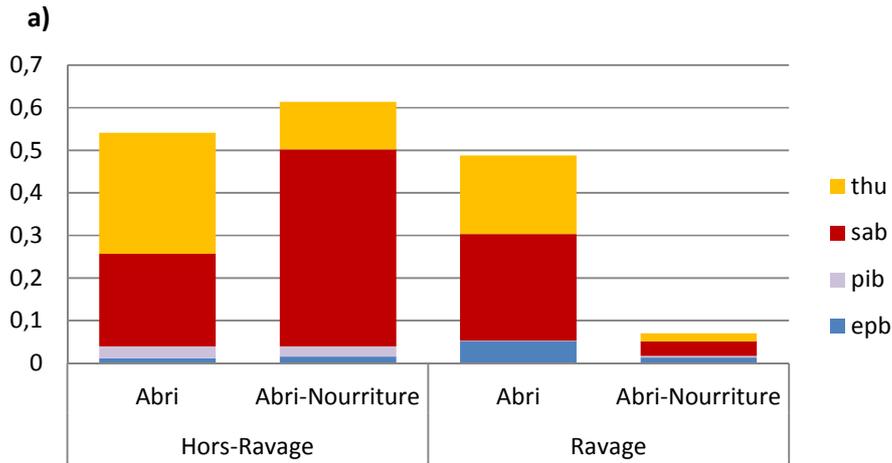


Figure 6. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) des plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essences pour les témoins dans le ravage de Duhamel. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard, abréviation : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pru =pruche de l'est, pib= pin blanc et epb= épinette blanche.

### *Dans le ravage du lac 31 Milles*

On note dans le ravage du lac 31 Milles que le thuya est bien représenté dans les plantules avec plus du tiers de la densité dans les zones d'abri (ravage et hors-ravage)

(Figure 7). Les densités de plantules de thuya sont plus élevées hors ravage que dans le ravage. Cependant, les semis de thuya y sont très rares et les gaules inexistantes (Figure 7). Hors-ravage, le sapin est l'essence que l'on trouve en plus grande densité pour les semis et les gaules, suivie de l'épinette blanche. Dans le ravage pour les peuplements d'abri-nourriture, la seule essence que l'on trouve chez les semis et les gaules est l'épinette blanche. Cependant, on trouve encore une bonne densité de sapin dans le ravage pour les peuplements d'abri.



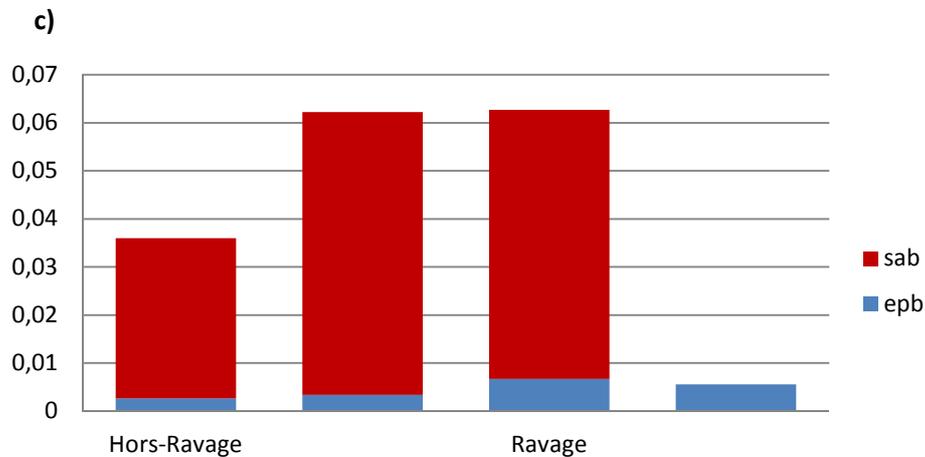


Figure 7. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) des (a), semis (b) et gaules (c) par essences pour les témoins dans le ravage du lac 31 Milles. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc et epb= épinette blanche.

### 3.3. Broutement de la régénération résineuse; comparaison des témoins

La comparaison de l'indice de brout pour les témoins montre que les semis avaient un plus faible pourcentage de ramille broutées hors-ravage que dans le ravage (Figure 8). Tel qu'attendu, pour Duhamel, on note que les peuplements d'abri-nourriture sont plus fortement broutés (en moyenne) que les peuplements d'abri. Cependant, la situation est inversée au lac 31 Milles, les semis étant plus fortement broutés dans l'abri que dans l'abri-nourriture. Un très haut indice de brout, soit plus de 4.5, est observé dans le ravage pour l'abri au lac 31 Milles ; ce qui veut dire qu'en moyenne plus de 60% des ramilles étaient broutées sur les semis (Figure 8).

Ces informations vont de pair avec la densité de semis par classes d'intensité du brout dans les ravages pour les témoins (Figure 9). La densité des semis est toujours plus élevée à Duhamel qu'au lac 31 Milles. Si l'on regarde le nombre total de semis (témoins et traitements confondus) à Duhamel, on compte près de 5 fois plus de semis qu'au lac 31 Milles (région de Maniwaki) (Figure 10). À Duhamel, près du 4/5 des semis n'ont pas été broutés. Pour le Lac 31 Milles, c'est moins de la moitié des semis qui ne sont pas broutés.

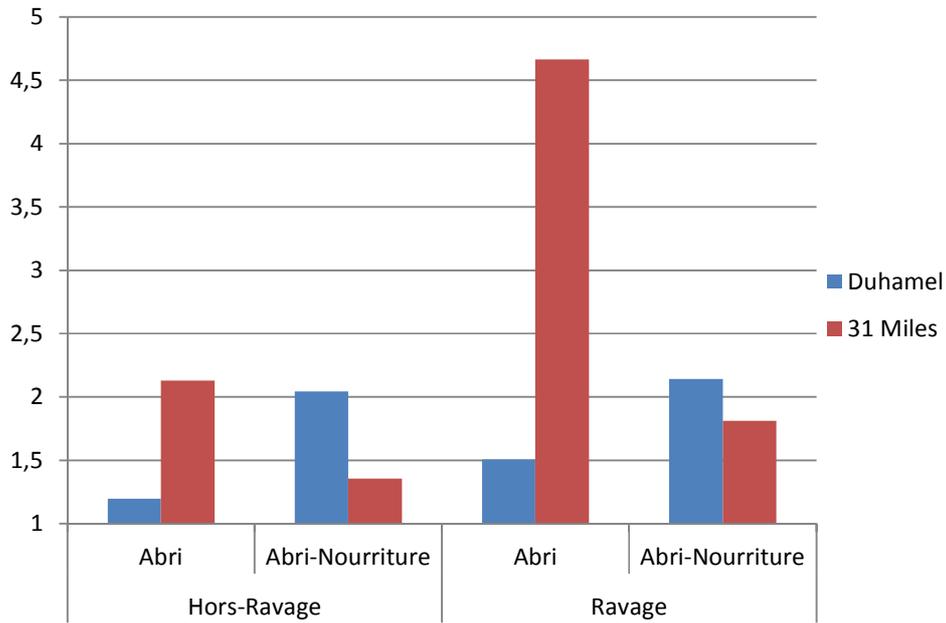


Figure 8. Indice de brout moyen des témoins (hors-ravage et dans le ravage) pour les ravages à l'étude.

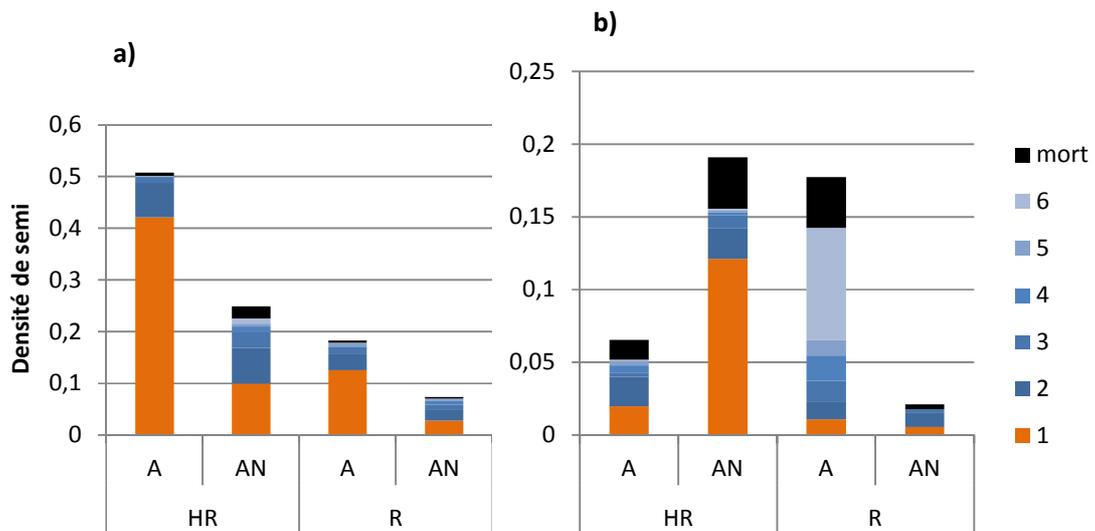


Figure 9. Densité (nb/m<sup>2</sup>) de semis résineux en fonction de la classe de brout pour les témoins, dans les peuplements d'abri (A) et d'abri-nourriture (AN) dans les ravages (R) et hors ravages (HR). Dans le ravage de Duhamel (a) et du Lac 31 milles (b).

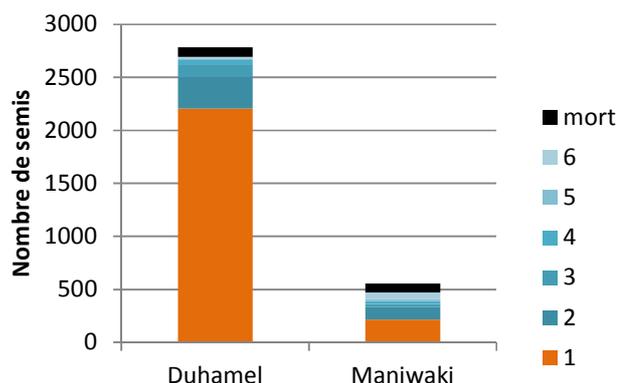


Figure 10. Nombre total de semis résineux par classe de broutement dans les deux ravages (incluant les différents traitements).

Probablement en raison des préférences alimentaires du cerf de Virginie, ainsi que de sa densité, l'intensité du brout est différente selon les essences résineuses. L'épinette blanche, bien que toujours en faible densité (moins de 0.035 semis/m<sup>2</sup>) comparativement au sapin, conserve tout de même une bonne proportion de semis non-broutés (Figure 11a). En effet, plus de la moitié des semis ne sont pas broutés dans la plupart des conditions, excepté dans le ravage au lac 31 Milles où c'est environ seulement un tiers des tiges qui ne sont pas broutées.

Dans le cas du sapin, dans les zones hors-ravage, on trouve une proportion (du quart à plus de trois quarts) des semis non-broutés (Figure 11b). Cependant, dans le ravage, les densités de sapin sont plus faible à Duhamel, offrant donc peu de semis non-broutés. Dans le ravage au Lac 31 Milles, il y a une forte densité de sapin, qui sont cependant tous broutés ou morts, la majorité du brout étant d'intensité 6, soit entre 80-100% des ramilles broutées, tandis que presque qu'aucun semis de sapin n'a été trouvé dans l'abri-nourriture.

Les semis de thuya sont présents en très forte densité hors-ravage dans l'abri à Duhamel, une faible proportion étant broutée (Figure 11c). Pour les autres conditions hors-ravage, le thuya est aussi présent, mais en beaucoup plus faible densité, toujours avec une faible proportion de semis étant broutés. Dans le ravage cependant, les semis de thuya étaient soit absents soit morts.

Finalement, les semis de pruche (Figure 11d), présents uniquement à Duhamel, sont broutés en plus forte proportion dans le ravage que hors-ravage ; les semis dans l'abri-nourriture étant plus broutés que dans l'abri. Cependant, pour cette essence, on trouve tout de même une densité importante de semis non-broutés, même dans le ravage (0.1 semis/m<sup>2</sup>) pour l'abri.

Ces très grandes différences entre les deux ravages à l'étude font en sorte que les résultats pour les différents traitements seront présentés séparément, pour Duhamel et le 31 Milles, afin de comprendre les mécanismes propres à chacun.

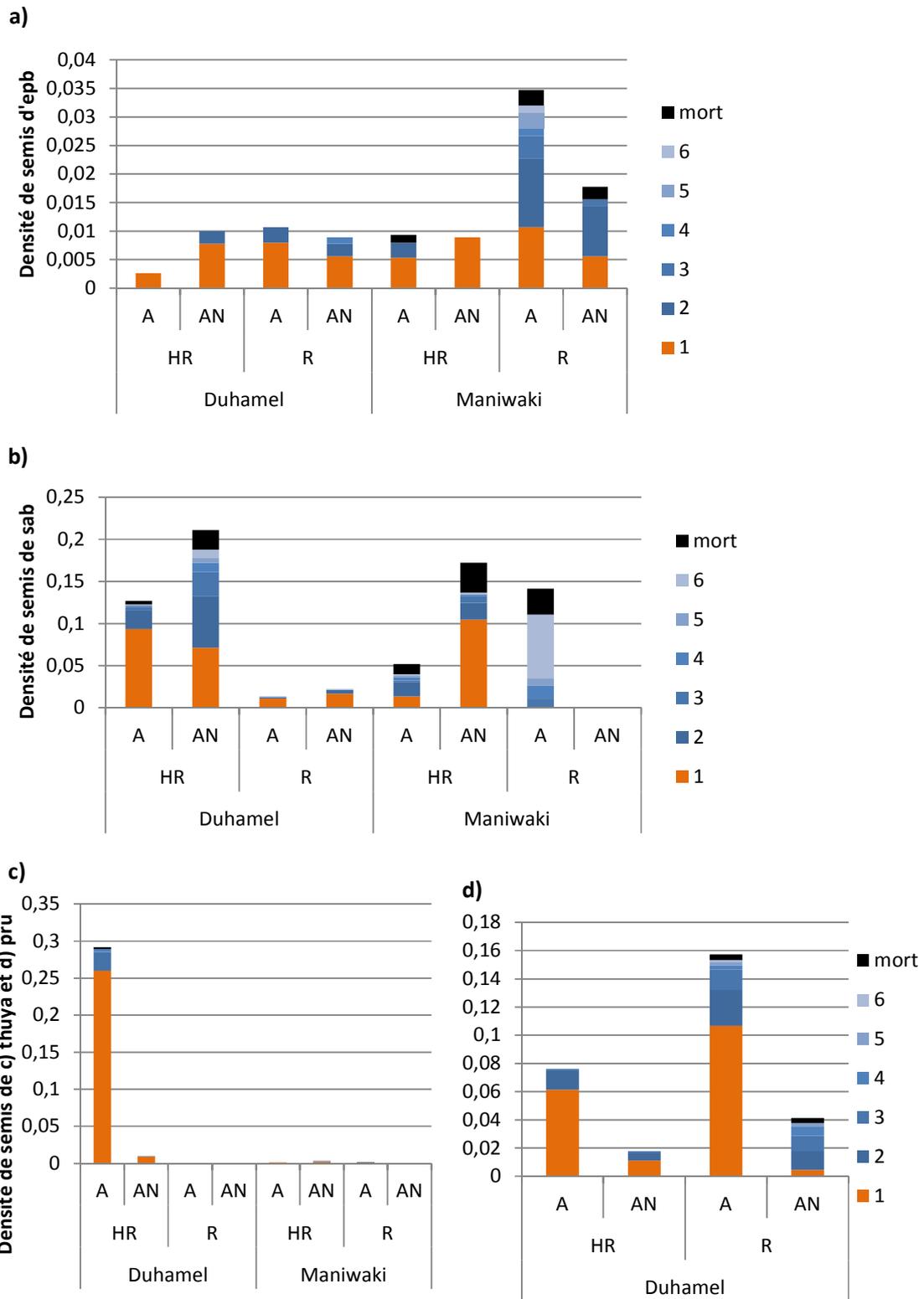


Figure 11. Densité (nb/m<sup>2</sup>) de semis en fonction de la classes de broutement par essence (a= épinette blanche, b=sapin baumier, c= Thuya occidentale, d=Pruche de l'est) pour les témoins, dans les peuplements d'abri (A) et d'abri-nourriture (AN) dans les ravages (R) et hors ravages (HR).

### 3.4. Indice de brout et pourcentage de tiges broutées pour les différentes conditions : témoins/ traitements/total

Plus de 3300 semis ont été recensés dans nos transects. De ce nombre, les sapins étaient les plus nombreux, suivis de la pruche et de l'épinette blanche, le cèdre occupant la 4<sup>ème</sup> place (Tableau 13). D'autres semis d'essences comme le pin blanc et rouge, l'épinette noire et le mélèze ont aussi été mesurés, mais les semis étaient peu nombreux pour ces espèces.

Parmi les 4 espèces les plus nombreuses, le sapin semble être l'essence la plus broutée avec un indice de brout total de 1,7, 29,2% des tiges étant broutées dont 6,6% fortement. La pruche étant la seconde, avec 18,3% des tiges broutées, peu étant fortement broutée, suivie de l'épinette blanche offrant un % de semis broutés de 16,4% (Tableau 13). Ces données semblent montrer que le thuya est peu brouté, mais il convient de mentionner que les semis furent majoritairement trouvés dans des zones hors-ravages, étant presque absent dans le ravage (Figure 11).

Pour le total des observations, le % de mortalité des semis est de 9,1% pour le sapin, ce qui lui donne encore la première place, suivi de l'épinette blanche (3%) et de la pruche (2,3%). Le pourcentage de mortalité pour les semis de thuya est très faible (1,2%). Il faut comprendre que les semis arrachés n'ont pas été mesurés dans cette étude.

En somme, l'indice de brout est plus élevé pour le lac 31 Milles (2,39) qu'à Duhamel (1,29) (Tableau 1 Annexe). Pour les différentes essences, l'indice de brout est aussi plus élevé dans le ravage du lac 31 Milles qu'à Duhamel (Tableau 2 Annexe), notamment pour le sapin (1,7 à 3,4). Autant hors-ravage que dans le ravage à Duhamel, l'indice de brout est plus élevé dans les zones d'abri-nourriture que dans l'abri (cette tendance se perçoit pour les différentes espèces, ainsi que pour le total), ce qui n'est pas le cas au Lac 31 Milles. La même tendance se produit avec les témoins (Figure 8).

**Tableau 13. Le nombre total de semis par essence, indice de broutement, pourcentage de semis broutés (selon l'intensité), pourcentage non-broutés et pourcentage de semis mort. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc, pr = pruche de l'est, epb= épinette blanche et epn= épinette noire.**

| Essence      | N             | Indice<br>bout | % de tige<br>non<br>broutée | % de tige<br>peu<br>broutée | % de tige<br>moyennement<br>broutée | % de tige<br>fortement<br>broutée | % de<br>tige<br>morte | Total %<br>tige<br>broutée |
|--------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| EPB          | 663           | 1,2            | 80,5                        | 13,1                        | 2,7                                 | 0,6                               | 3,0                   | 16,4                       |
| EPN          | 44            | 1,3            | 75,0                        | 18,2                        | 4,5                                 | 0,0                               | 2,3                   | 22,7                       |
| PIB          | 24            | 1,6            | 70,8                        | 16,7                        | 8,3                                 | 4,2                               | 0,0                   | 29,2                       |
| PRU          | 925           | 1,3            | 79,5                        | 10,3                        | 7,1                                 | 0,9                               | 2,3                   | 18,3                       |
| SAB          | 1402          | 1,7            | 61,8                        | 13,9                        | 8,7                                 | 6,6                               | 9,1                   | 29,2                       |
| THO          | 258           | 1,1            | 88,4                        | 8,5                         | 1,6                                 | 0,4                               | 1,2                   | 10,5                       |
| <b>Total</b> | <b>3316,0</b> | <b>1,4</b>     | <b>76,0</b>                 | <b>13,4</b>                 | <b>5,5</b>                          | <b>2,1</b>                        | <b>3,0</b>            | <b>21,0</b>                |

### 3.5. Ravage de Duhamel

#### 3.5.1. La régénération résineuse dans les peuplements traités

Dans le ravage, pour les trois classes de tailles, la densité en essences résineuses est plus forte après traitement (coupe par bande et coupe de jardinage) que dans les témoins, pour les peuplements d'abri autant que pour les peuplements d'abri-nourriture (Figure 12). Dans l'abri, on note aussi que les densités sont plus fortes pour la coupe par bande qu'après coupe de jardinage. Les densités après coupe de jardinage sont aussi plus élevées que dans les témoins, pour les différents habitats et les trois classes de tailles (Figure 12).

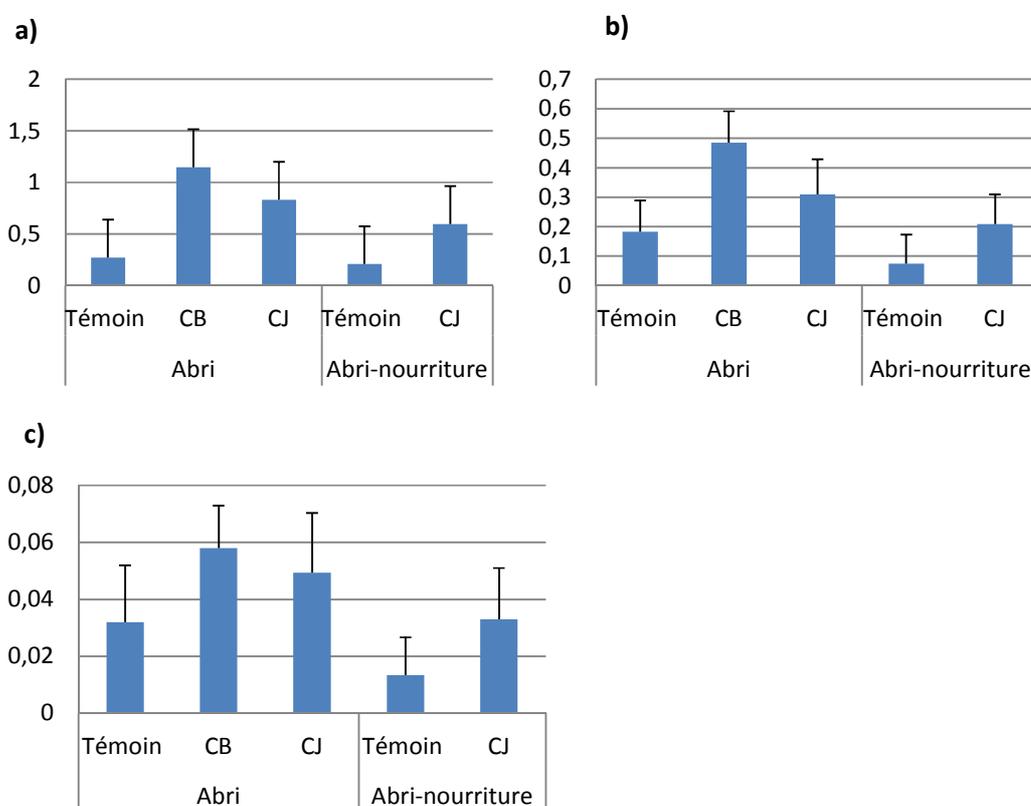


Figure 12. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) des plantules (a), des semis (b) et des gaules (c) selon les différents traitements et le type d'habitat dans le ravage de Duhamel. CB= coupe par bande, CJ= coupe de jardinage. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

Autant pour la coupe par bande et la coupe de jardinage, l'effet des types de milieu de lumière est variable. Quelques différences significatives ont toutefois été observées, comme l'augmentation de la densité des plantules après coupe par bande sous un couvert forestier (CBC), comparativement à l'ouverture (CBO) (Figure 1 Annexe). Après coupe de jardinage dans les zones d'abri-nourriture, on observe significativement plus de

plantules et moins de gaules dans les zones avec plus d'ouvertures (CJO) comparativement aux zones intermédiaires (CJE) et aux zones avec un couvert plus fort (CJC) (Figure 2 Annexe).

### **3.5.2. La régénération résineuse par essence selon les traitements et les types de milieu de lumière**

Les thuyas se trouvent presque qu'uniquement au stade de plantules, autant pour la coupe par bande que la coupe de jardinage (Figures 13 et 14). Il n'y a pas de différence importante de densité entre la coupe par bande et la coupe de jardinage dans les abris pour cette espèce. Cependant, l'ouverture du couvert semble avoir un effet positif; la densité de plantules de thuya est plus grande en zone avec des ouvertures, soit (CBO et CJO) ou l'écotone (CBE et CJE), que sous un couvert forestier plus dense (CBC, CJC) ou en zone témoin. L'ouverture étant causée mécaniquement, il est possible que cette différence soit attribuable aux perturbations du sol après coupe, et non à l'effet de la lumière seulement.

Comparativement aux témoins, les deux types de coupes entraînent de fortes augmentations de la densité de plantules, semis et gaules de sapin (Figure 13 et 14). De plus, la densité pour les trois classes de taille est significativement plus élevée après coupe par bande qu'après coupe de jardinage. Après coupe par bande, les plantules de sapins sont en plus grande densité sous couvert (CBC), que dans l'ouverture totale (CBO). Par ailleurs, pour la coupe de jardinage, où les changements de milieu de lumière sont moins prononcés, il n'y a pas de différence significative entre milieux de lumière. La densité de semis de sapin est bien représentée après les différentes coupes. En effet, dans l'abri, on observe des densités allant de 0.18 à 0.24/m<sup>2</sup> après coupe par bande et entre 0.07 à 0.15/m<sup>2</sup> après coupe de jardinage, selon le milieu de lumière. Pour l'abri-nourriture après coupe de jardinage, les densités sont un peu moins élevées, soit entre 0.05 et 0.12/m<sup>2</sup>. Finalement les gaules de sapins sont significativement plus denses dans l'écotone après coupe de jardinage (CJE), et cela autant dans l'abri et que dans l'abri-nourriture.

Les plantules de pruche sont présents dans tous les traitements/écotones et les témoins, la densité variant de 0.07/m<sup>2</sup> pour le témoin dans l'abri-nourriture à 0.39/m<sup>2</sup> sous couvert après coupe par bande (CBC) dans l'abri. Pour les plantules, peu importe le traitement, la pruche n'est jamais l'essence la plus dense. Cependant, pour les semis, cette essence occupe la première position sous couvert forestier dense (témoins, CBC, CJC), et autant dans l'abri que l'abri-nourriture. Les gaules de pruches sont aussi très présentes, partageant la dominance avec le sapin.

Pour les plantules, les semis et les gaules, la densité d'épinette blanche est significativement plus élevée avec coupe par bande et coupe de jardinage que dans les témoins. Dans l'abri, la densité est plus élevée dans les milieux ouverts (CBO, CJO) que sous couvert plus dense.

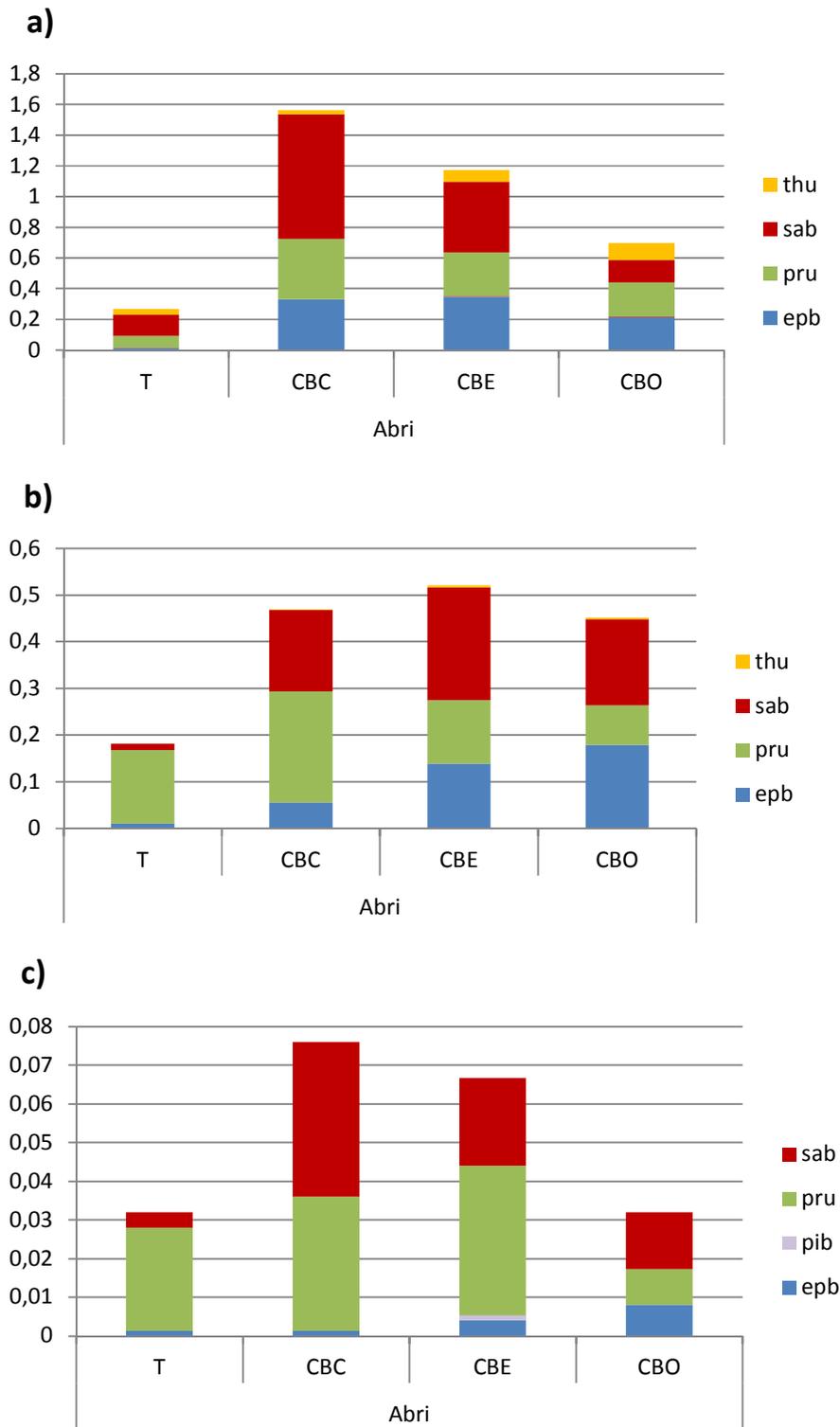


Figure 13. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essence pour le témoin (T) et après coupe par bande (CB) selon les types de milieu de lumière dans l'habitat d'abri du ravage de Duhamel. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc, pru = pruche de l'est, epb= épinette blanche, CBC= CB sous-couvert, CBE = CB dans l'écotone et CBO = CB ouvert.

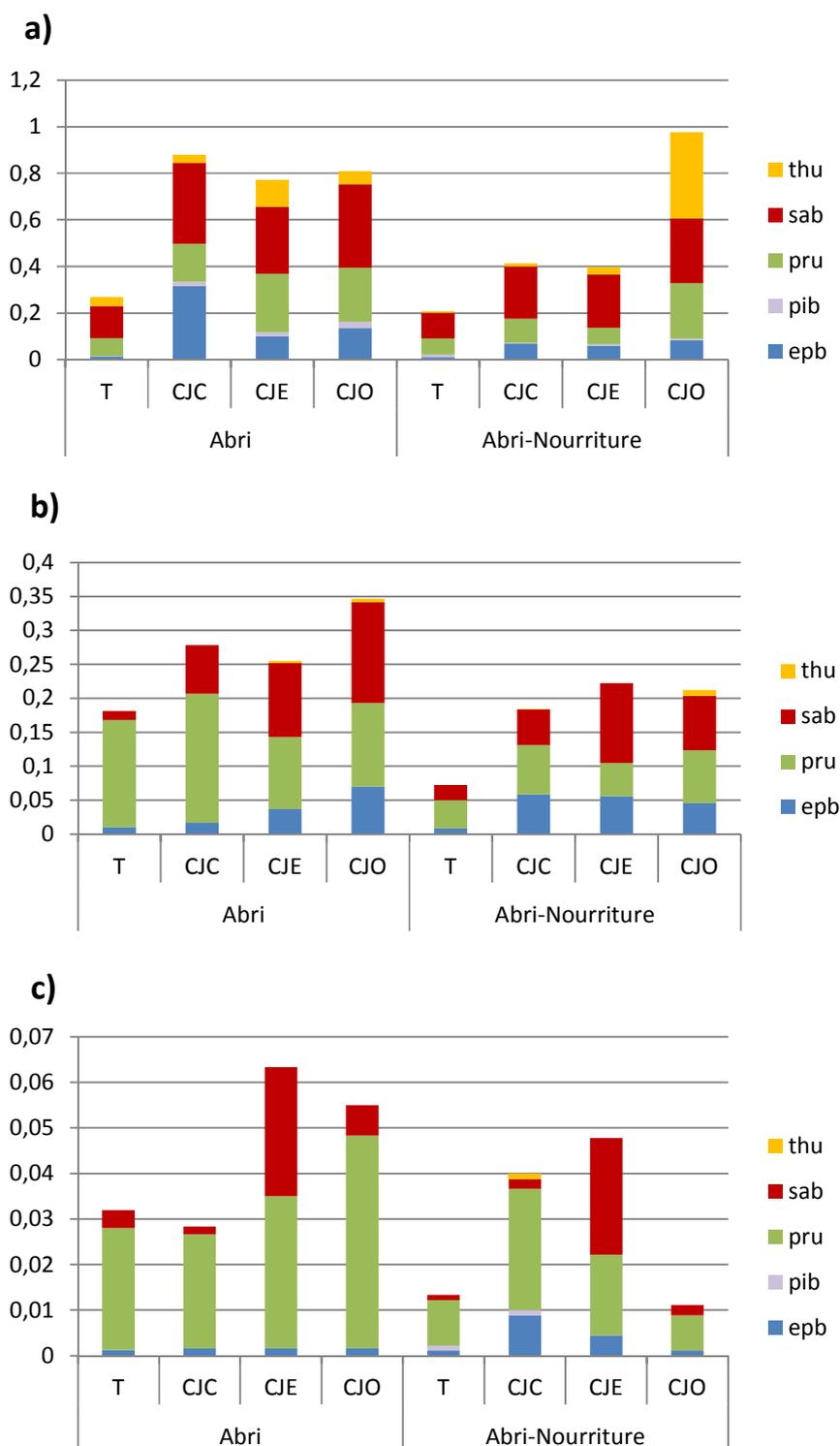


Figure 14. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantule(a), semis (b) et gaules (c) par essence pour les témoins (T) et après coupe de jardinage (CJ) selon les types de milieu de lumière et le type d'habitat du ravage de Duhamel. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc, pru = pruche de l'est, epb= épinette blanche, CJC= CJ sous-couvert, CJE = CJ dans l'écotone et CJO = CJ ouvert.

### 3.5.3. Broutement de la régénération résineuse

Contrairement à la densité, l'indice de brout des semis est plus fort dans les témoins (notamment l'abri-nourriture), comparativement aux différentes coupes (Figure 15). La densité de semis par classe d'intensité du brout montre aussi qu'une plus grande proportion de semis est broutée dans les témoins, notamment dans l'abri-nourriture (Figure 16). Pour le brout après coupe de jardinage, il n'y a pas de différence significative entre les zones d'abri et d'abri-nourriture. Les tableaux 1 et 2 en annexe montrent la variation de l'indice de brout selon les types de milieu de lumière. Ces résultats indiquent que peu-importe le type de milieu de lumière, l'indice de brout moyen est toujours plus élevé chez les témoins.

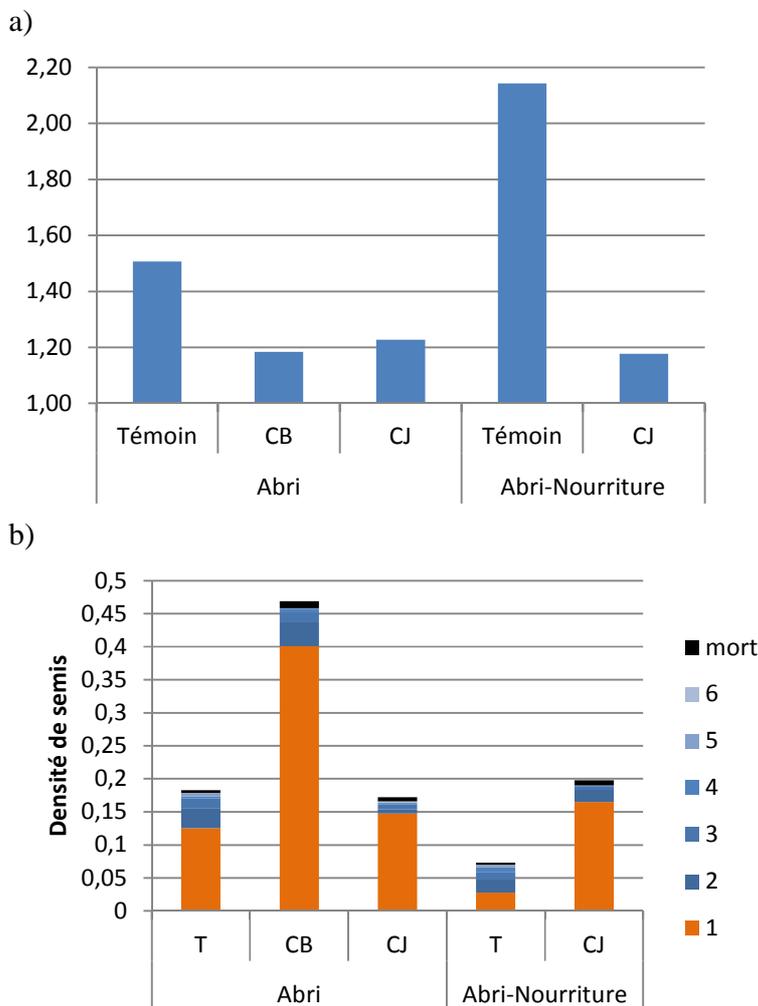


Figure 15. Indice de brout moyen (a) et densité de semis en essences résineuses par classes de brout (b) selon les traitements et le type d'habitat dans le ravage de Duhamel. T= témoin, CB= coupe par bande et CJ= coupe de jardinage.

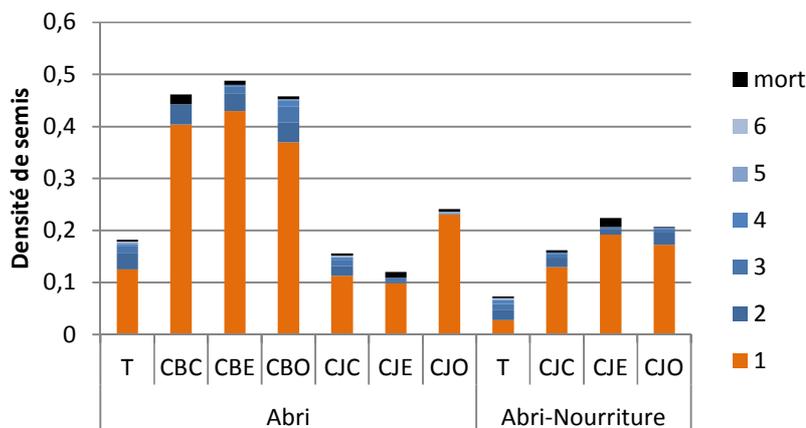
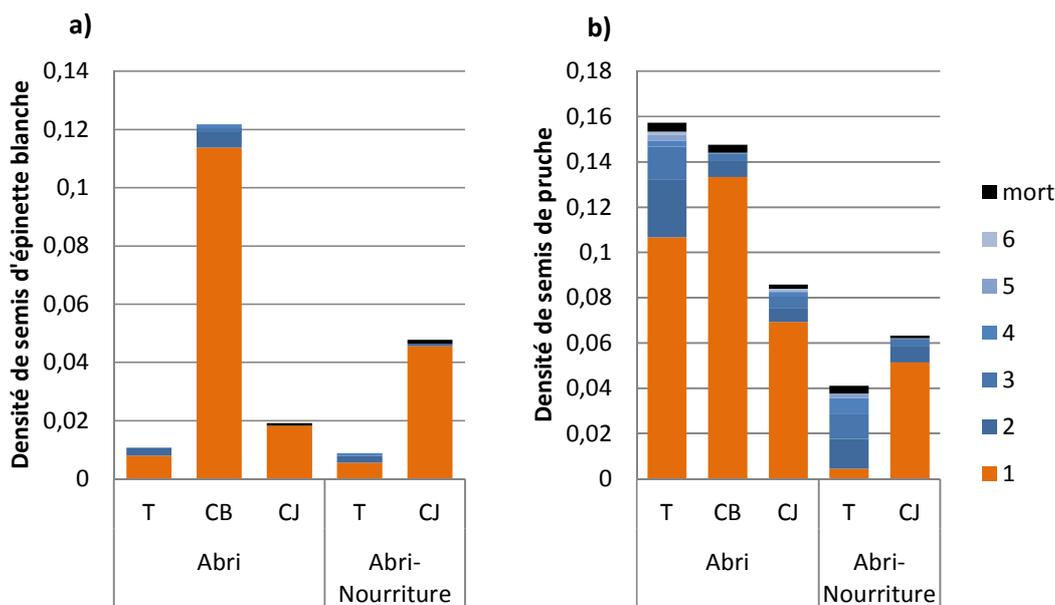


Figure 16. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de semis en essences résineuses par classes de broût selon les différents traitements, les types de milieu de lumière et le type d'habitat dans le ravage de Duhamel. T= témoin, CB= coupe par bande, CJ= coupe de jardinage, CJC= CJ sous-couvert, CJE = CJ dans l'écotone CJO = CJ ouvert, CBC= CB sous-couvert, CBE = CB dans l'écotone et CBO = CB ouvert.

Le pourcentage de pruche broûtée fut plus élevé pour les témoins que dans les peuplements traités, notamment dans l'abri-nourriture, soit environ 90%, comparativement à 30% dans l'abri (Figure 17). Pour la coupe par bande, on note un pourcentage de semis broûtés qui se situe environ entre 7 à 20% pour les différentes essences, le sapin représentant le pourcentage le plus élevé. Pour la coupe de jardinage on observe aussi des pourcentages de semis broûtés assez faibles, le sapin et la pruche représentant la majorité des semis broûtés. On note que la majorité des semis d'épinette blanche étaient non-broûtés, peu importe les traitements. La densité de semis de thuya est très faible et même absente pour les témoins, il est donc difficile de conclure sur le broût de cette essence.



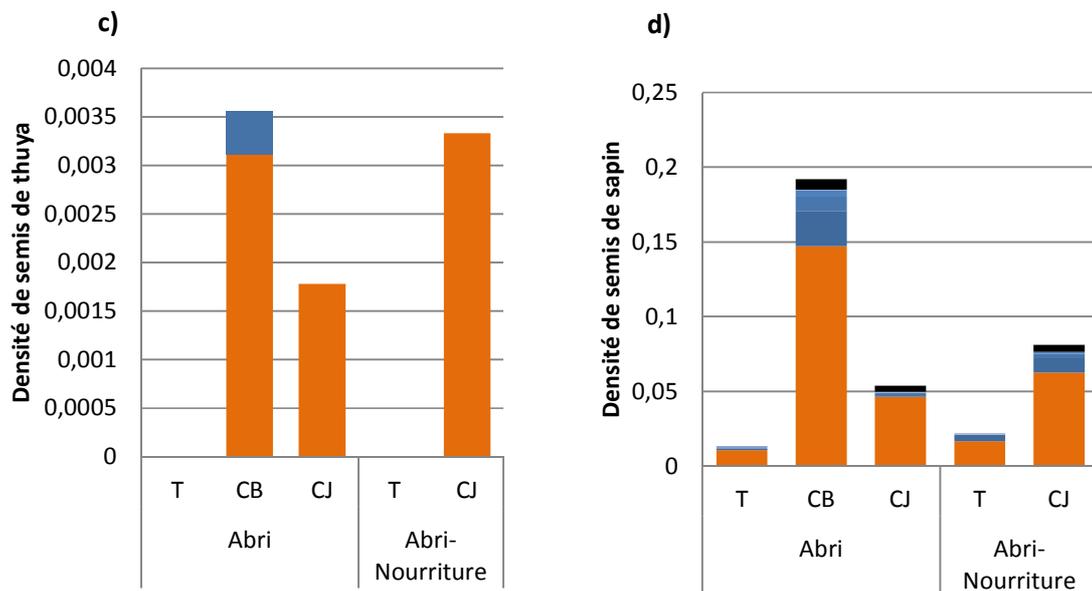


Figure 17. Densité de semis par classes de broût par essence (a=Épinette blanche, b= Pruche de l'est, c=Thuya occidental, d= Sapin baumier) selon les différents traitements et le type d'habitat dans le ravage de Duhamel. T= témoin, CB= coupe par bande , CJ= coupe de jardinage.

### 3.6. Ravage du 31 Milles

#### 3.6.1. La régénération résineuse dans les peuplements traités

Comme pour les témoins, la densité des plantules est plus élevée que celle des semis et des gaules dans les peuplements traités. Les témoins dans l'abri sont les mieux régénérés en essences résineuses, avec des densités plus élevées de plantules, de semis et de gaules comparativement aux autres traitements (Figure 18). Dans l'abri, la moyenne de la densité de plantules dans les placettes après coupe par bande est significativement plus élevée qu'après coupe de jardinage, cette tendance, quoique non-significative, s'observe aussi pour les semis mais pas pour les gaules, qui présente des densités très semblables après coupe de jardinage et coupe par bande.

Dans l'abri-nourriture, la densité de plantules est plus élevée après coupe de jardinage que dans les témoins ; il n'y a pas de différence significative entre la densité de semis et de gaules.

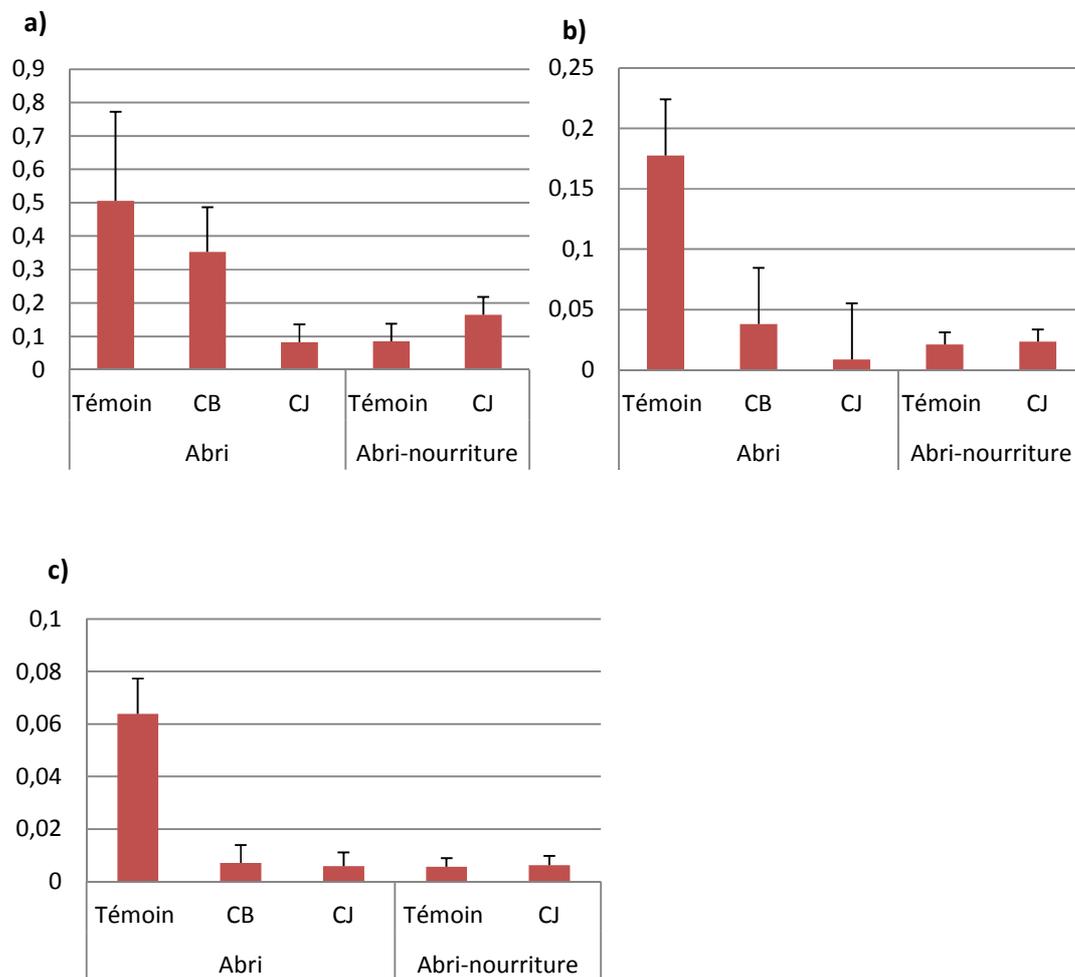


Figure 18. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) des plantules (a), des semis (b) et des gaules (c) selon les différents traitements et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles. CB= coupe par bande, CJ= coupe de jardinage. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

Les effets du type de milieu de lumière ont aussi été analysés mais ne sont présentés qu'en annexe (Figures 3 et 4 en Annexe). Dans les peuplements d'abri, les gaules sont significativement plus denses dans les zones sous couvert forestier après coupe par bande et coupe de jardinage (CJC et CBC) que dans les zones plus ouverte. La densité des gaules dans les zones témoins étant toutefois plus élevée. Dans l'abri après coupe par bande, les zones sous couvert (CBC) sont moins denses en plantules que les autres zones. L'ouverture est un des seuls milieux de lumière qui offre de meilleures densités de plantules que le témoin après coupe de jardinage dans l'abri-nourriture.

### 3.6.2. La régénération résineuse par essence selon les traitements et les types de milieu de lumière

Les plantules de thuya dans l'abri pour le témoin et après coupe par bande sont bien représentées, avec des densités variant de 0,06 à 0,23/m<sup>2</sup> (Figure 19). L'écotone (CBE) et l'ouverture (CBO) présentent des densités en plantule de thuya plus forte que sous couvert forestier dense (CBC) après coupe par bande. La coupe de jardinage dans l'abri

est moins bien régénérée en plantules de thuya que le témoin et la coupe par bande (probablement en raison du choix de peuplements jardiné dans les abris). Dans l'abri-nourriture, les densités de thuya varient de 0.018 à 0.054/m<sup>2</sup>, les ouvertures après coupe de jardinage (CJO) offrant des densités plus élevées que sous couvert dense (CJC) et que dans le témoin (Figure 20). La régénération de semis et de gaule de thuya dans le ravage est presque absente. Ce patron est aussi observé pour le pin blanc. En effet, bien qu'on puisse noter des plantules de pin blanc après coupe de jardinage dans l'abri et l'abri-nourriture, les semis et les gaules de pin blanc, eux, furent presque qu'absents.

Dans l'abri et l'abri-nourriture, pour les témoins et les différents traitements, la densité de plantule de sapin est toujours plus élevée que la densité de plantules d'épinette blanche (Figures 19 et 20). Dans l'abri, la densité de plantules pour ces deux essences est significativement plus élevée pour les témoins et la coupe par bande que pour la coupe de jardinage. D'un autre côté, dans l'abri-nourriture, la coupe de jardinage entraîne des densités plus élevées de plantules de sapin que dans les témoins.

Au niveau des semis, la densité de sapin est élevée dans les témoins de l'abri (0.14/m<sup>2</sup>), mais faible dans les autres conditions (moins de 0.006/m<sup>2</sup>). Le même phénomène s'observe pour les gaules de sapin. L'épinette blanche est donc l'essence résineuse la plus dense au niveau des semis et des gaules, excepté pour le témoin dans l'abri (Figures 19 et 20).

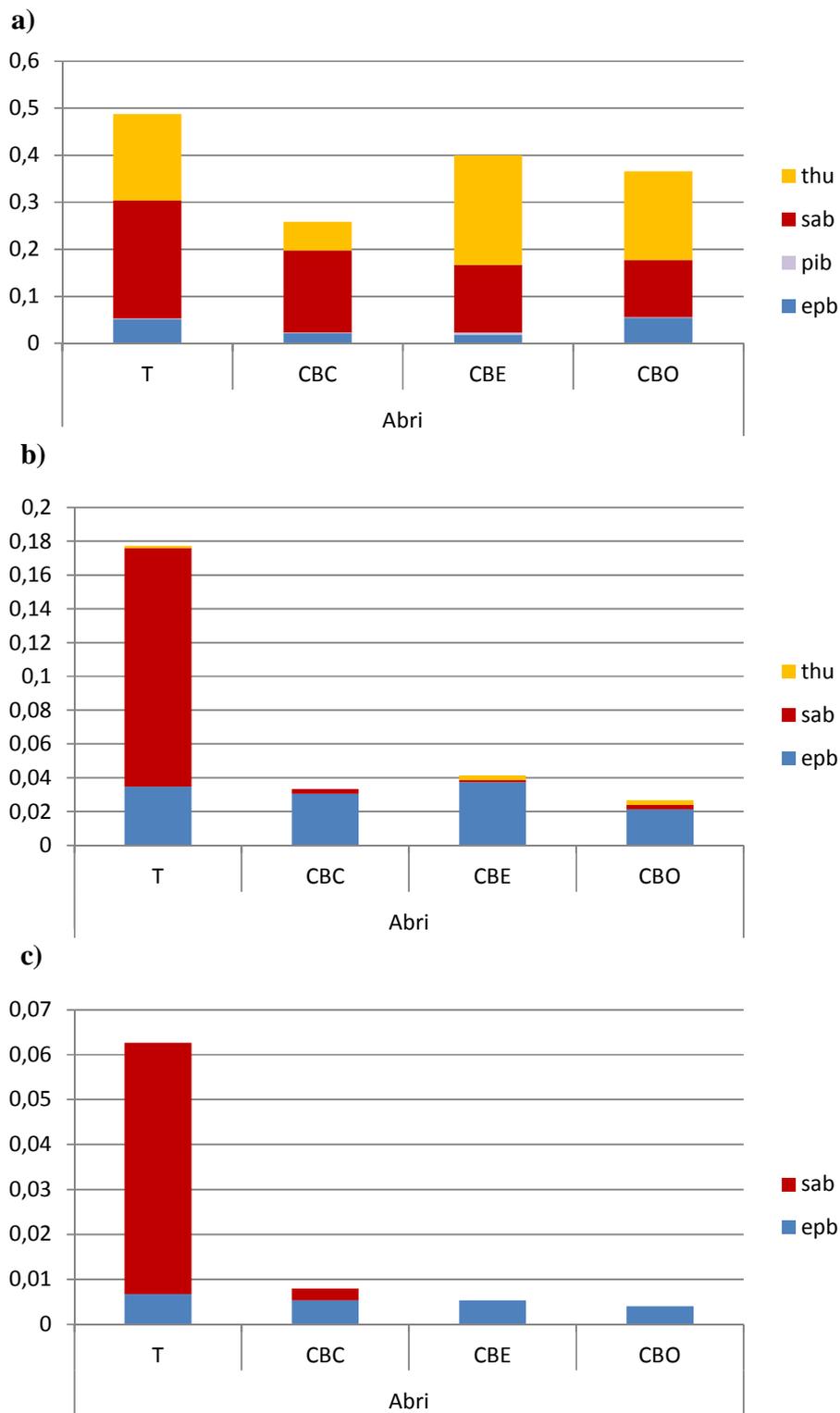


Figure 19. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantules (a), semis (b) et gaules (c) par essence pour le témoin (T) et après coupe par bande (CB) selon les types de milieu de lumière dans l'habitat d'abri du ravage du lac 31 Milles. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc, epb= épinette blanche, CBC= CB sous-couvert, CBE = CB dans l'écotone et CBO = CB ouvert.

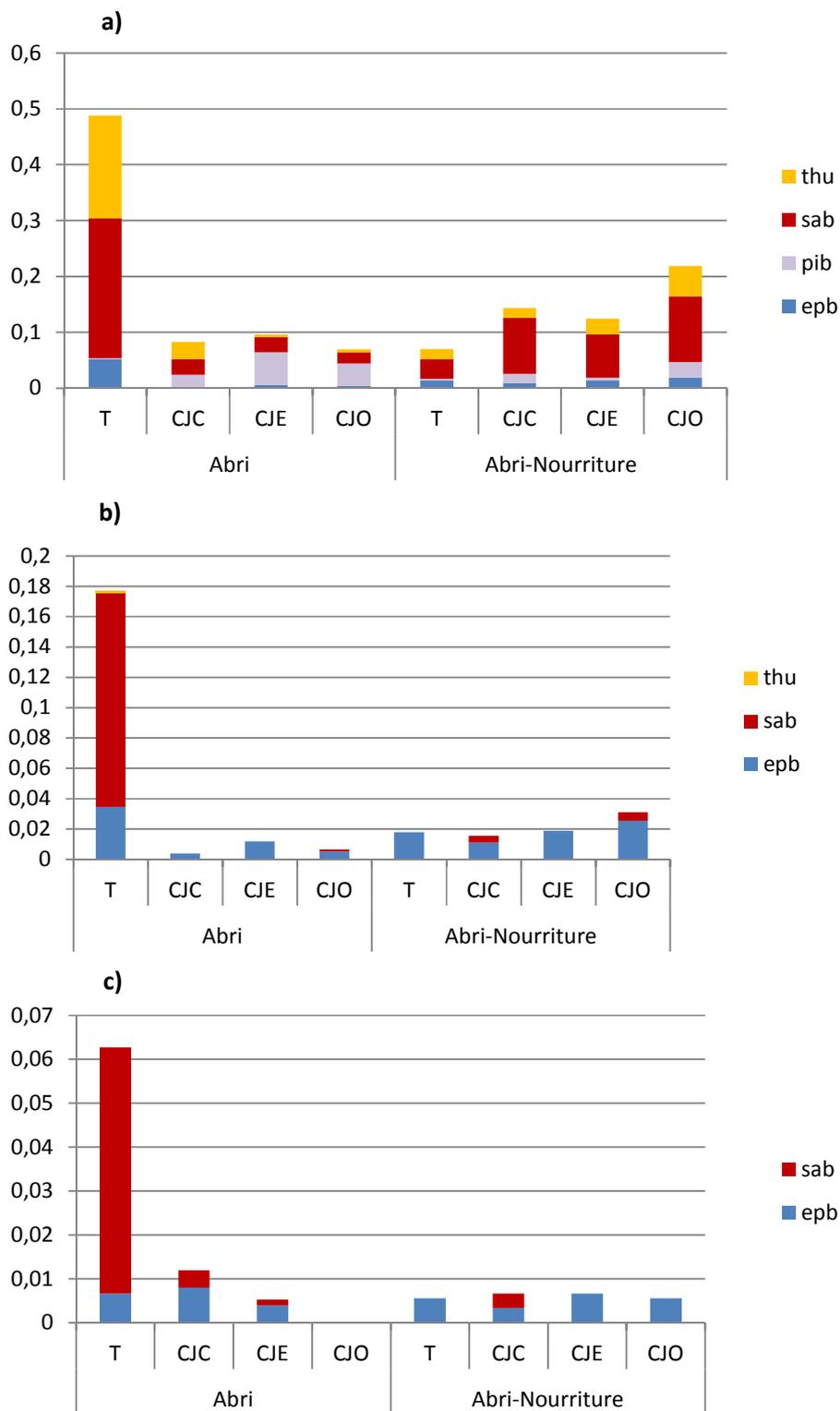


Figure 20. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantule(a), semis (b) et gaules (c) par essence pour les témoins (T) et après coupe de jardinage (CJ) selon les types de milieu de lumière et le type d'habitat du ravage du lac 31 Milles. Abréviations : thu= thuya occidental, sab = sapin baumier, pib= pin blanc, epb= épinette blanche, CJC= CJ sous-couvert, CJE = CJ dans l'écotone et CJO = CJ ouvert.

### 3.6.3. Broutement de la régénération résineuse

Tout comme pour la densité, l'indice de brout des semis est plus fort pour les témoins dans l'abri, comparativement aux différentes coupes (Figure 21 a). Dans l'abri-nourriture, il n'y a pas de différence importante entre les indices de brout du témoin et les traitements. La densité de semis par classe d'intensité du brout montre aussi qu'une plus grande proportion de semis est broutée dans les témoins pour l'abri, la majorité du brout étant d'intensité 6, soit entre 80-100% des ramilles broutées (Figure 21 b). Selon l'intensité du brout pour les types de milieu de lumière, on note des densités de semis non-broutés supérieures à 0.02/m<sup>2</sup>, uniquement après coupe par bande dans l'écotone (Figure 22).

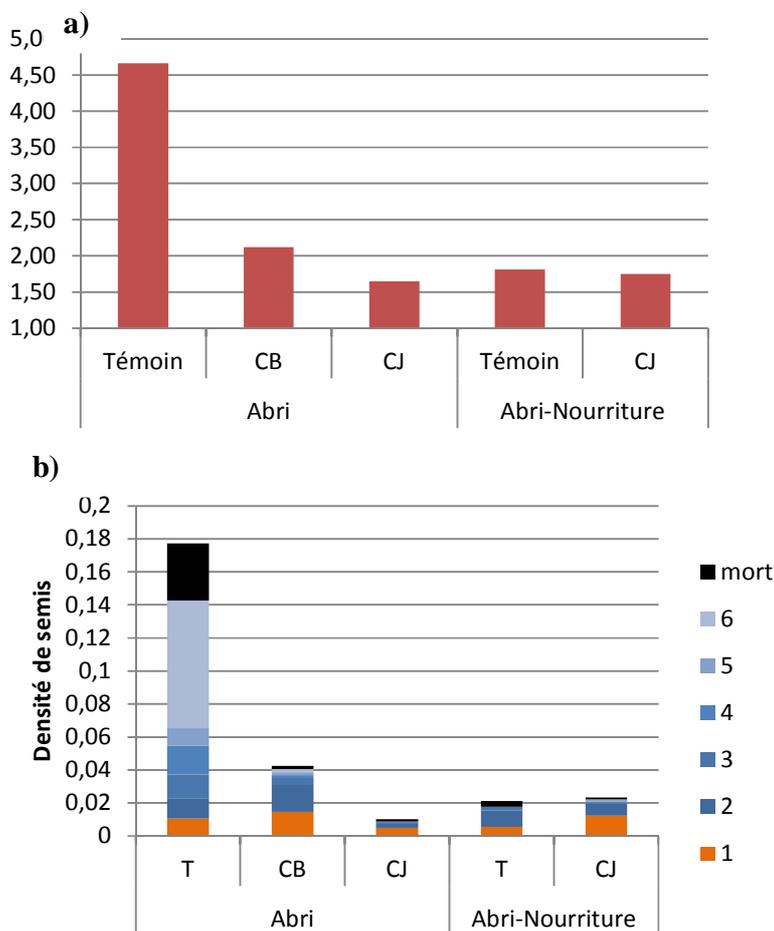


Figure 21. Indice de brout moyen (a) et densité (nb/m<sup>2</sup>) de semis en essences résineuses par classes de brout (b) selon les traitements et le type d'habitat dans le ravinage du lac 31 Milles. T= témoin, CB= coupe par bande et CJ= coupe de jardinage.

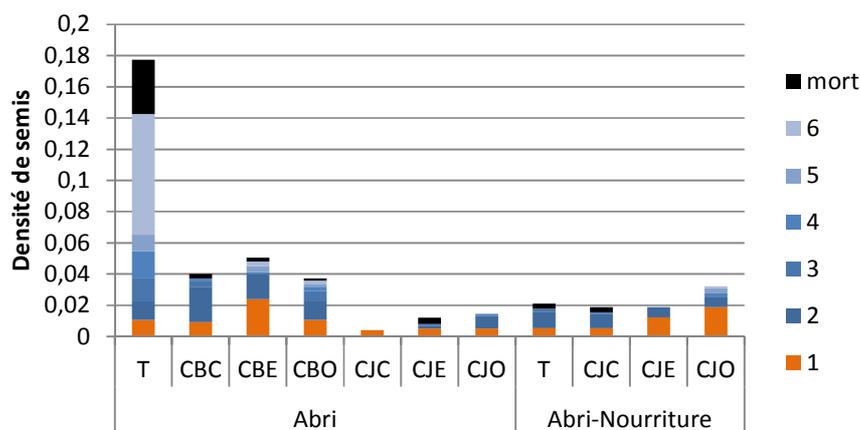


Figure 22. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de semis en essences résineuses par classes de broit selon les différents traitements, les types de milieu de lumière et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles. T= témoin, CB= coupe par bande, CJ= coupe de jardinage, CJC= CJ sous-couvert, CJE = CJ dans l'écotone CJO = CJ ouvert, CBC= CB sous-couvert, CBE = CB dans l'écotone et CBO = CB ouvert.

De très faibles densités de semis de thuya sont observées (environ 0.0013/m<sup>2</sup>) pour les témoins et après coupe par bande dans l'abri; les témoins étant morts et le 2/3 étant non-brouté dans la coupe par bande. Dans l'abri-nourriture, aucun semis de thuya n'a été observé. Les sapins sont presque tous broutés ou morts peu importe le traitement (Figure 23b). Il reste donc, comme régénération résineuse non-broucée, que des épinettes blanches (Figure 23a). La majorité des épinettes broucées le sont à faible intensité (2,3). Des densités plus élevée d'épinette blanche non-broucée, soit de plus de 0.01/m<sup>2</sup>, se trouvent dans l'abri après coupe par bande et le témoin, comparativement à la coupe de jardinage. Dans l'abri-nourriture, après coupe de jardinage, la densité d'épinette blanche non-broucée est deux fois plus élevée que dans le témoin.

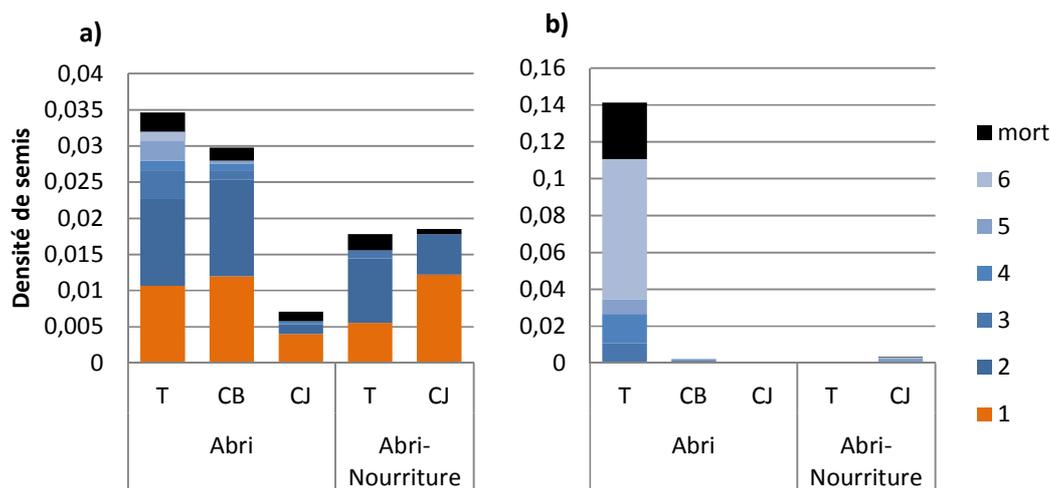


Figure 23. L'intensité du broit selon la densité de semis par essence (a= Épinette blanche, b= Sapin Baumier) selon les différents traitements et le type d'habitat dans le ravage du lac 31 Milles. T= témoin, CB= coupe par bande, CJ= coupe de jardinage.

### 3.7. Les types de peuplements et la régénération en essences résineuses

L'analyse de groupement nous a permis de distinguer à partir de la composition et la structure 10 types de peuplement (Tableau 14 et 15).

**Tableau 14. Description des 10 types de peuplement que l'on trouve dans les ravages à l'étude. N= nombre de placettes.**

| Description des types peuplements : |  |
|-------------------------------------|--|
| 1                                   | Mixte de feuillus et de pruches en proportions semblables, avec une dominance de la classe de taille 20-40, suivi de la classe 40-60 et 10-20. N=9                             |
| 2                                   | Majoritairement de cèdre, avec une dominance de la classe 20-40, suivi de la classe 40-60. Très peu dense. N=16  |
| 3                                   | Majoritairement de feuillues, avec dominance de la classe 20-40, suivi de la classe 10-20. N=35  |
| 4                                   | Majoritairement de pruche, avec présence d'autres résineux (epb, cèdre...), dominance de la classe 20-40, suivi de la classe 10-20. N=6  |
| 5                                   | Majoritairement de pruche, avec présence d'autres résineux (cèdre, epb...), dominance de la classe 20-40, suivi de la classe 40-60. N=27                                       |
| 6                                   | Mixte de feuillues (20-40 cm) et de résineux (cèdre (20-40 cm), pib (40-60) et sapin (10-20)) N=4  |
| 7                                   | Diverses : Classe 10-20 (feuillues et épinette blanche), classes 20-40 (cèdre, feuillues, épinette blanche) et importante proportion de cèdre et pin blanc de plus de 40cm N=8 |
| 8                                   | Majoritairement pin blanc, présent dans toutes les classes (dominance de la classe 20-40) N=5  |
| 9                                   | Mixte de feuillus et de résineux (notamment pruches) avec une dominance de la classe de taille 20-40, suivi de la classe 10-20. N=8  |
| 10                                  | Majoritairement de cèdre, avec une dominance de la classe 20-40, suivi de la classe 40-60 et 10-20 (présence de sapin 10-20). Très dense. N=19                                 |

**Tableau 15. Proportion en essences (les feuillus et les espèces résineuses) par classes de taille dans les différents types de peuplement. Les chiffres représentent le nombre moyen de tiges (calculé avec un prisme facteur 2) pour une placette (trois transects). Note : pour avoir la surface terrière moyenne des peuplements, il faut multiplier le total nombre de tiges par 2/3.**

| Peuplement | Feuillus | Épinette bl. | Pin blanc | Pruche | Sapin B. | Thuya |
|------------|----------|--------------|-----------|--------|----------|-------|
| 10-20 cm   |          |              |           |        |          |       |
| 1          | 4,78     | 0,33         | 0,00      | 3,11   | 0,00     | 0,22  |
| 2          | 3,19     | 1,63         | 0,00      | 0,00   | 1,00     | 1,75  |
| 3          | 7,60     | 0,71         | 0,00      | 0,23   | 1,03     | 0,09  |
| 4          | 1,33     | 0,67         | 0,00      | 6,50   | 0,50     | 0,83  |
| 5          | 2,89     | 1,22         | 0,00      | 2,26   | 0,63     | 1,30  |
| 6          | 6,00     | 0,25         | 0,00      | 0,00   | 3,25     | 0,75  |
| 7          | 6,75     | 5,50         | 0,00      | 0,00   | 0,63     | 0,38  |
| 8          | 5,00     | 1,80         | 2,00      | 0,00   | 2,20     | 0,40  |
| 9          | 5,25     | 1,25         | 0,00      | 2,88   | 2,00     | 1,63  |
| 10         | 3,95     | 1,79         | 0,00      | 0,05   | 3,63     | 4,37  |
| 20-40 cm   |          |              |           |        |          |       |
| 1          | 11,11    | 0,44         | 0,00      | 11,44  | 0,11     | 0,89  |
| 2          | 2,25     | 1,06         | 0,06      | 0,06   | 0,13     | 10,31 |
| 3          | 11,09    | 0,86         | 0,74      | 0,71   | 0,71     | 0,34  |
| 4          | 2,67     | 3,83         | 1,17      | 15,83  | 0,00     | 2,17  |
| 5          | 5,30     | 2,41         | 0,04      | 13,81  | 0,44     | 4,30  |
| 6          | 17,50    | 0,25         | 3,75      | 1,25   | 0,00     | 10,25 |

|               |          |              |           |        |          |       |
|---------------|----------|--------------|-----------|--------|----------|-------|
| 7             | 6,25     | 3,50         | 2,25      | 0,00   | 0,13     | 8,13  |
| 8             | 4,80     | 0,40         | 11,40     | 0,00   | 0,00     | 2,20  |
| 9             | 8,25     | 0,75         | 0,00      | 4,75   | 0,13     | 1,25  |
| 10            | 5,05     | 1,68         | 0,84      | 0,21   | 0,63     | 24,84 |
| 40-60 cm      | Feuillus | Épinette bl. | Pin blanc | Pruche | Sapin B. | Thuya |
| 1             | 2,89     | 0,00         | 0,00      | 5,00   | 0,00     | 0,11  |
| 2             | 0,19     | 0,06         | 0,19      | 0,00   | 0,00     | 2,75  |
| 3             | 1,20     | 0,11         | 1,09      | 0,14   | 0,14     | 0,14  |
| 4             | 0,17     | 0,00         | 0,17      | 1,50   | 0,17     | 0,00  |
| 5             | 0,56     | 0,15         | 0,07      | 3,11   | 0,00     | 0,22  |
| 6             | 0,25     | 0,00         | 4,50      | 0,00   | 0,00     | 1,00  |
| 7             | 1,25     | 0,13         | 5,25      | 0,13   | 0,00     | 4,25  |
| 8             | 0,60     | 0,00         | 4,20      | 0,00   | 0,00     | 0,00  |
| 9             | 1,25     | 0,13         | 0,13      | 1,75   | 0,00     | 0,00  |
| 10            | 1,05     | 0,05         | 1,53      | 0,21   | 0,00     | 4,00  |
| Plus de 60 cm | Feuillus | Épinette bl. | Pin blanc | Pruche | Sapin B. | Thuya |
| 1             |          |              | 0,00      | 0,00   |          | 0,00  |
| 2             |          |              | 0,06      | 0,00   |          | 0,25  |
| 3             |          |              | 0,11      | 0,11   |          | 0,00  |
| 4             |          |              | 0,17      | 0,00   |          | 0,00  |
| 5             |          |              | 0,07      | 0,22   |          | 0,00  |
| 6             |          |              | 0,25      | 0,00   |          | 0,00  |
| 7             |          |              | 1,00      | 0,00   |          | 0,25  |
| 8             |          |              | 0,20      | 0,00   |          | 0,00  |
| 9             |          |              | 0,00      | 0,00   |          | 0,00  |
| 10            |          |              | 0,26      | 0,00   |          | 0,05  |
| Total         | Feuillus | Épinette bl. | Pin blanc | Pruche | Sapin B. | Thuya |
| 1             | 18,78    | 0,78         | 0,00      | 19,56  | 0,11     | 1,22  |
| 2             | 5,63     | 2,75         | 0,31      | 0,06   | 1,13     | 15,06 |
| 3             | 19,89    | 1,69         | 1,94      | 1,20   | 1,89     | 0,57  |
| 4             | 4,17     | 4,50         | 1,50      | 23,83  | 0,67     | 3,00  |
| 5             | 8,74     | 3,78         | 0,19      | 19,41  | 1,07     | 5,81  |
| 6             | 23,75    | 0,50         | 8,50      | 1,25   | 3,25     | 12,00 |
| 7             | 14,25    | 9,13         | 8,50      | 0,13   | 0,75     | 13,00 |
| 8             | 10,40    | 2,20         | 17,80     | 0,00   | 2,20     | 2,60  |
| 9             | 14,75    | 2,13         | 0,13      | 9,38   | 2,13     | 2,88  |
| 10            | 10,05    | 3,53         | 2,63      | 0,47   | 4,26     | 33,26 |

Les peuplements décrits ci-dessus ont des succès de régénération différents. Par exemple, pour la densité moyenne de semis de sapin, de pruche et d'épinette blanche, on observe des différences significatives entre les différents types de peuplement (Tableau 16). La densité de semis de pruche est significativement plus élevée dans les types de peuplement 4 et 5 (Figure 24b et Figure 5 Annexe). Les types de peuplement 4,5 et 9 ont des densités de semis d'épinette blanche significativement plus élevées que les autres, tandis que pour le sapin ce sont les types de peuplement 9,5,4 et 10 qui offrent les plus haut taux de régénération en semis (Figure 24b et Figure 5 Annexe).

**Tableau 16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) (p values ou p>F avec un seuil de confiance 0.05 et le coefficient de détermination ou R<sup>2</sup>) afin de comparer les moyennes de la densité des semis d'essences résineuses selon les divers peuplements.**

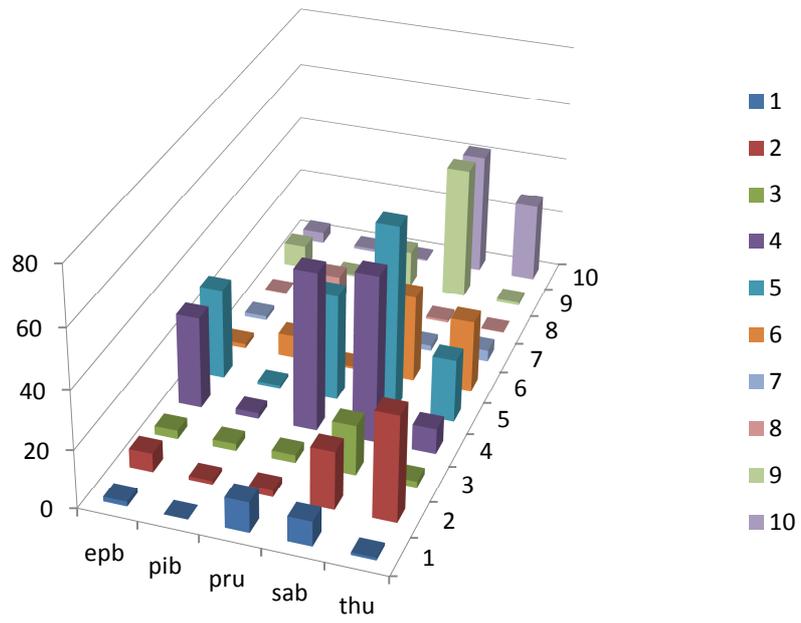
|                      | Épinette blanche | Pruche   | Sapin  | Thuya  |
|----------------------|------------------|----------|--------|--------|
| <b>P &gt; F</b>      | 0.03             | < 0.0001 | 0.0014 | 0.7053 |
| <b>F</b>             | 2.15             | 18.86    | 3.24   | 0.70   |
| <b>R<sup>2</sup></b> | 0.13             | 0.57     | 0.19   | 0.05   |

Pour les autres essences et les autres classes de tailles (test statistique non-effectué), on observe toutefois des tendances en terme de régénération résineuse. Les plantules de thuya se trouvent principalement dans les types de peuplement 2, 5, 6 et 10, tandis que les semis et les gaules de thuya se trouvent majoritairement dans les types de peuplement 2 et 10 (Figure 24 a, b et c). Les plantules et les semis de sapins sont présents en assez bonne densité, sauf pour les types de peuplement 7 et 8, les gaules de sapin étant plus rare dans les types de peuplement 1 et 7. Les plantules de pin blanc sont présentes dans les types de peuplement 6 et 8. La pruche semble particulièrement liée aux types de peuplement 4 et 5, peu importe sa taille, sa présence étant aussi notée dans les types de peuplement 1 et 9. Finalement pour l'épinette, bien que l'on trouve de plus fortes densités de plantules dans les types de peuplement 4 et 5, les semis et les gaules se trouvent aussi en assez bonne densité dans plusieurs types de peuplement.

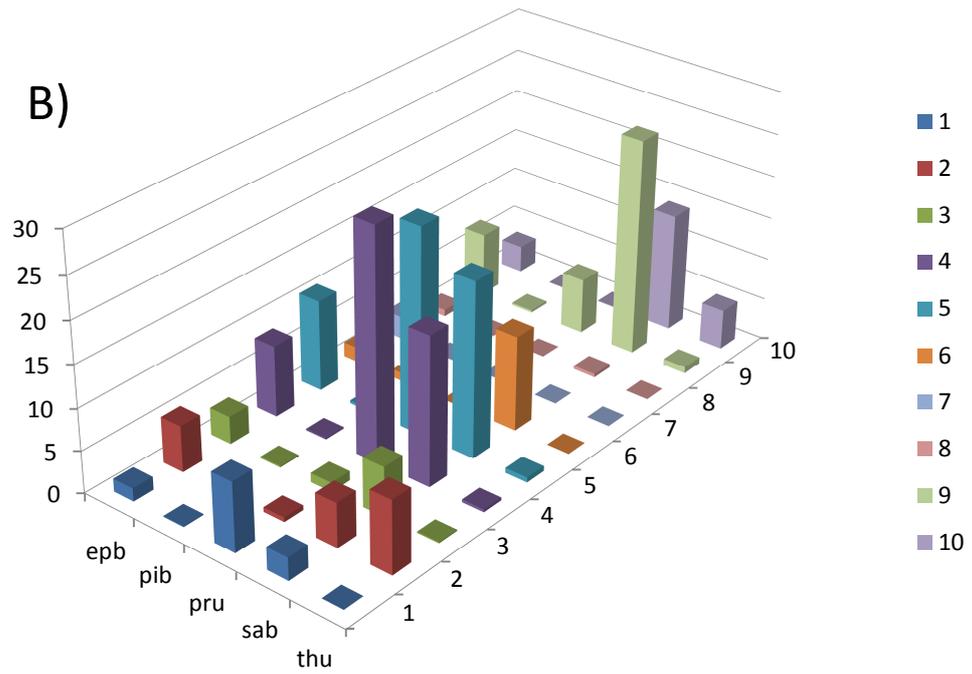
Les types de peuplement 4, 5, 9 et 10 semblent bien régénérés et diversifiés, et l'on observe des densités importantes de plantules, de semis et de gaules de sapin, de pruche, d'épinette blanche ou de thuya. Dans le type de peuplement 6, bien que la densité de plantules soit élevée en thuya, on n'en trouve très peu au niveau des semis et des gaules. Dans les types de peuplement 1 et 2, plusieurs essences recherchées par le cerf comme le thuya, la pruche et le sapin sont encore présentes sous forme de semis et de gaules, bien que la proportion en épinette blanche soit de plus en plus importante (de plantules, à semis, à gaules). Finalement les types de peuplement 7 et 8 ne semblent pas très bien régénérés (ou fortement brouté), bien que des plantules de thuya, de pin blanc ou de sapin soient présentes, on trouve très peu de semis, ceux-ci étant principalement constitués d'épinette blanche.

Les détails de cette analyse, soit les différences significatives entre les moyennes par essences pour les différentes classes de taille pour les différents peuplements, se trouvent à la figure 5 en Annexe.

A)



B)



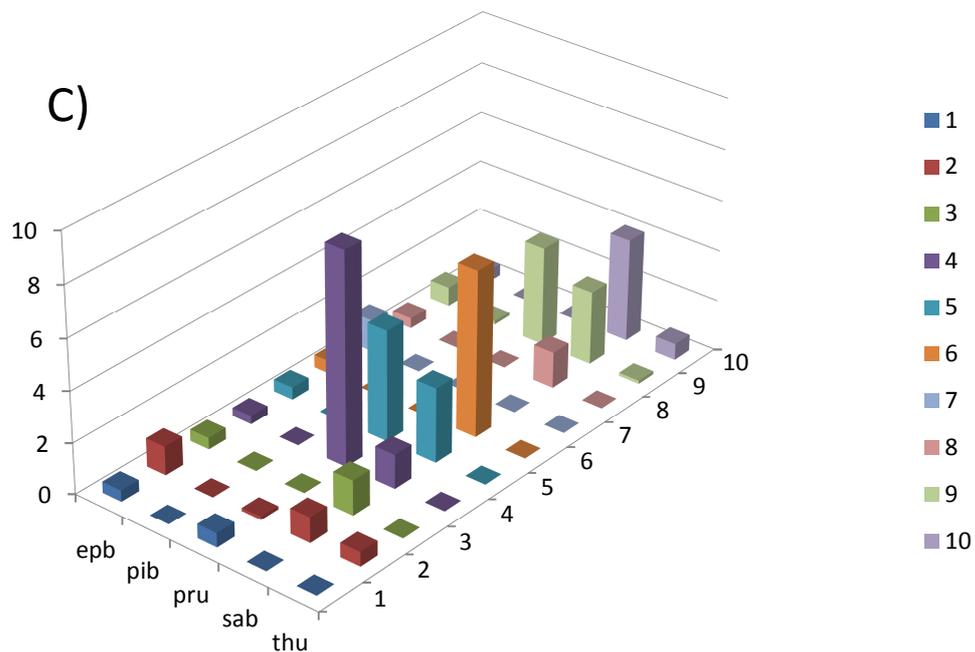


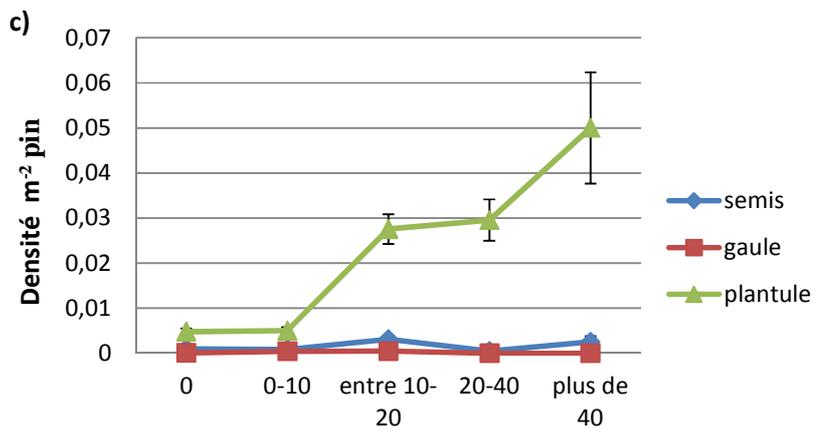
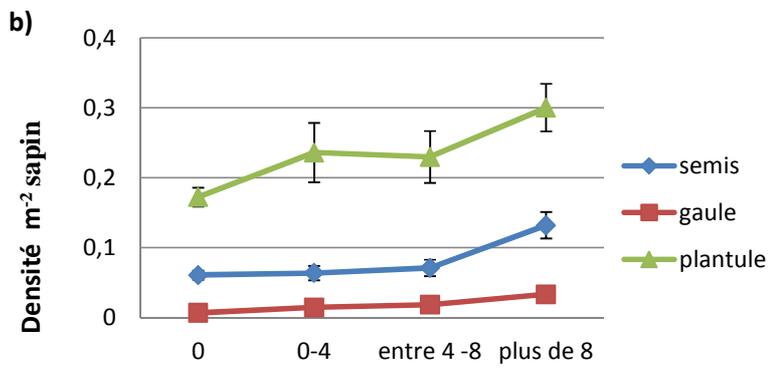
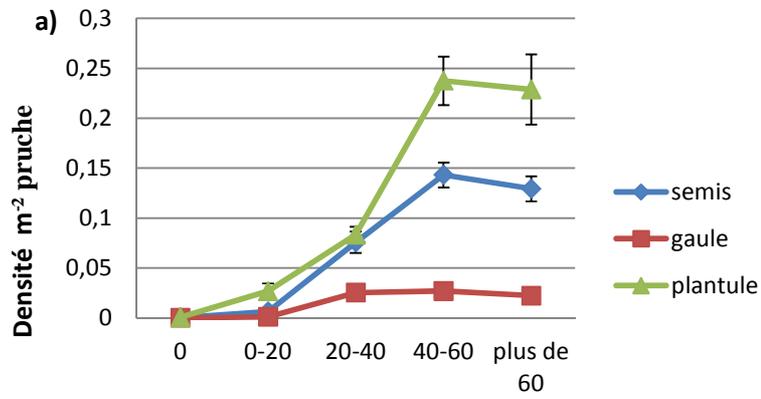
Figure 24. La régénération en a) plantules, b) semis et de c) gaules (nb moyen pour une placette (150 m<sup>2</sup>)) selon les différents types de peuplement (voir description tableau 15). Abréviations : epb= épinette blanche, pib= pin blanc, pru = pruche de l'est, sab = sapin baumier et thu= thuya occidental.

### 3.8. La valeur d'importance du couvert et la régénération

La régénération d'une essence peut être reliée de façon significative à la valeur d'importance de son couvert pour cette même essence. À l'intérieur des valeurs testées (Tableau 17), la densité de semis et de plantules d'épinette blanche augmente avec l'augmentation de la valeur d'importance du couvert en cette essence (Figure 25d). Pour le thuya, la densité pour les trois classes de tailles augmente avec l'augmentation du pourcentage du couvert en thuya ; la classe de plus de 50% offrant la meilleure régénération (Figure 25e). Pour la pruche, il semble que lorsque celle-ci occupe entre 40-60% du couvert supérieur, ce soit un pourcentage optimal pour sa régénération (Figure 25a). Dans le cadre de cette étude, le sapin est une essence qui ne semble pas répondre autant à l'augmentation de la proportion de son couvert supérieur, tout comme les semis et les gaules de pin blanc (Figure 26b et c).

Tableau 17. Les classes de valeurs d'importances (VI) et pourcentage et le nombre de placettes (n) représentée dans chaque classe pour les diverses essences.

| Épinette blanche |    | Pruche      |    | Sapin      |    | Thuya       |    | Pin         |    |
|------------------|----|-------------|----|------------|----|-------------|----|-------------|----|
| Classe VI (%)    | n  | Classe (%)  | VI | Classe (%) | VI | Classe (%)  | VI | Classe (%)  | VI |
| 0                | 42 | 0           | 68 | 0          | 71 | 0           | 37 | 0           | 84 |
| entre 0-5        | 25 | entre 0-20  | 15 | entre 0-4  | 26 | entre 0-10  | 21 | entre 0-10  | 16 |
| entre 5-10       | 28 | entre 20-40 | 14 | entre 4-8  | 20 | entre 10-20 | 28 | entre 10-20 | 15 |
| entre 10-15      | 21 | entre 40-60 | 25 | plus de 8  | 20 | entre 20-50 | 21 | entre 20-40 | 14 |
| plus de 15       | 21 | plus de 60  | 15 |            |    | plus de 50  | 30 | plus de 40  | 8  |



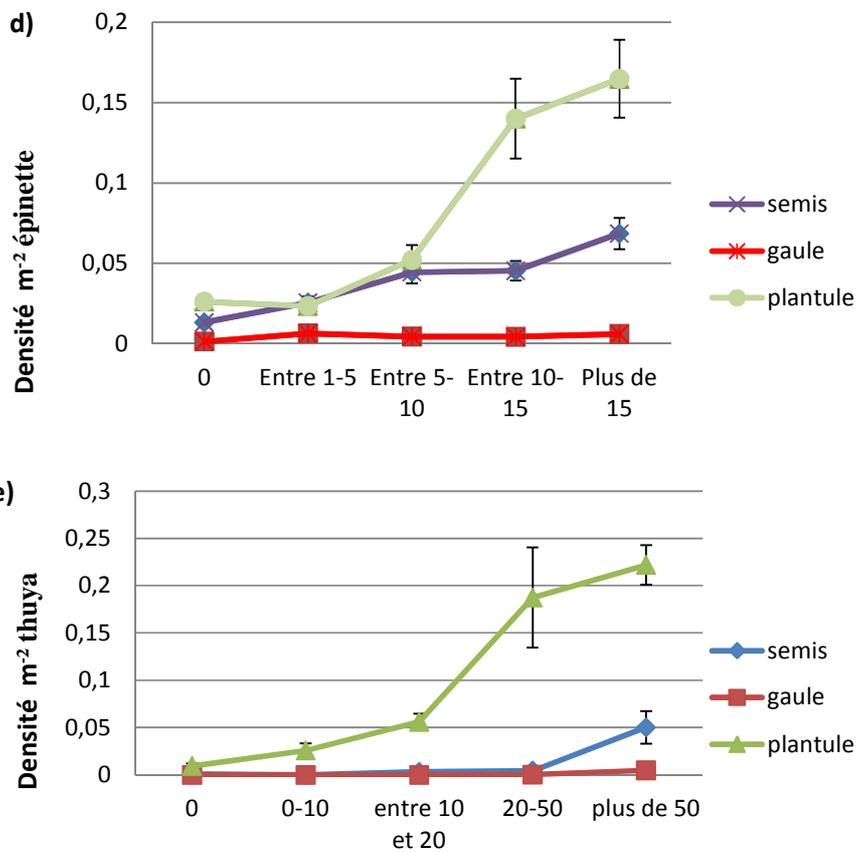


Figure 25. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantules, de semis et de gaules d'une essence selon la classe de valeur d'importance (%) du couvert supérieur (sur l'axe des X) en cette même essence (a=pruche de l'est, b=sapin baumier, c=pin blanc, d=épinette blanche, e=thuya occidental).

Toutes essences résineuses confondues, on observe qu'un couvert résineux de plus de 70% semble maximiser la régénération de plantules, semis ou gaules résineuses (Figure 26) dans les ravages de cerf.

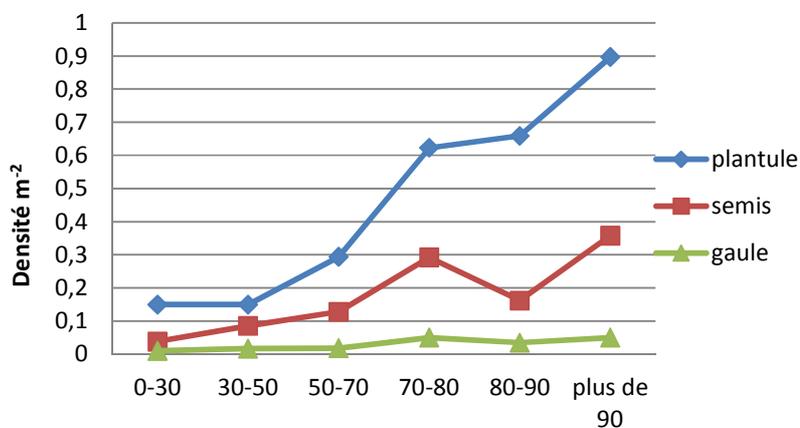


Figure 26. Densité moyenne (nb/m<sup>2</sup>) de plantules, semis et gaules en essences résineuse (total) selon la classe de valeur d'importance (%) du couvert résineux.

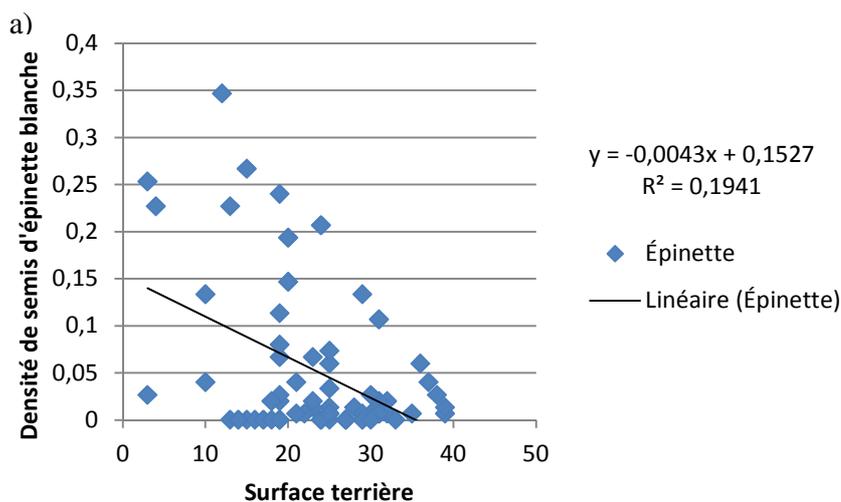
### 3.9. La surface terrière et la régénération en essence résineuse

Dans les ravages de cerfs à l'étude, la régénération en essences résineuses peut aussi être influencée par la surface terrière du couvert forestier.

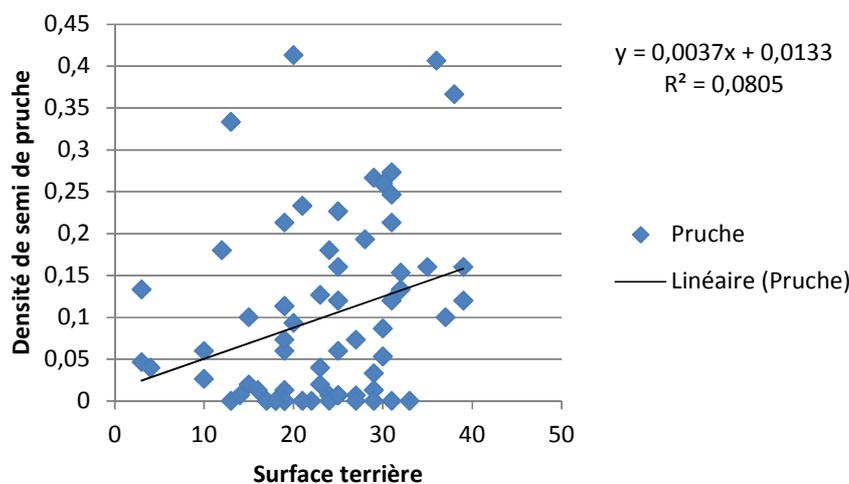
L'analyse de la densité des semis par essence a été mise en relation avec la surface terrière à l'aide de régression linéaire. Pour la régénération en épinette blanche, pruche et sapin des différences significatives s'observent en lien avec la surface terrière du couvert à Duhamel (Tableau 18). La densité en épinette blanche et en sapin diminue avec l'augmentation de la surface terrière (Figure 27a et c). Pour la pruche, c'est l'inverse soit l'augmentation de la densité de semis avec l'augmentation de la surface terrière du couvert (Figure 27b). Des droites de régression linéaire ont été tracées afin de représenter la densité des semis en fonction de la surface terrière, par essence (Figure 27). Les coefficients de détermination (ou  $R^2$ ) des différentes régressions linéaires varie de 0.08 pour la pruche à 0.19 pour l'épinette (Figure 27). Ainsi, la droite de régression entre la densité des semis et la surface terrière explique plutôt moyennement les résultats observés. La relation entre la densité moyenne des plantules et des gaules en essences résineuses et la surface terrière est présentée en Annexe à la figure 6.

Tableau 18. Résultats de l'analyse statistique (p values ou p>F avec un seuil de confiance 0.05) de la régression linéaire entre la densité de semis et la surface terrière pour les différentes essences dans les deux ravages à l'étude.

| Essence          | p > F Duhamel | p > F 31 Milles |
|------------------|---------------|-----------------|
| Épinette blanche | 0.0002        | 0.551           |
| Pruche           | 0.02          | N.A.            |
| Sapin            | 0.008         | 0.4428          |
| Thuya            | 0.845         | 0.8599          |



b)



c)

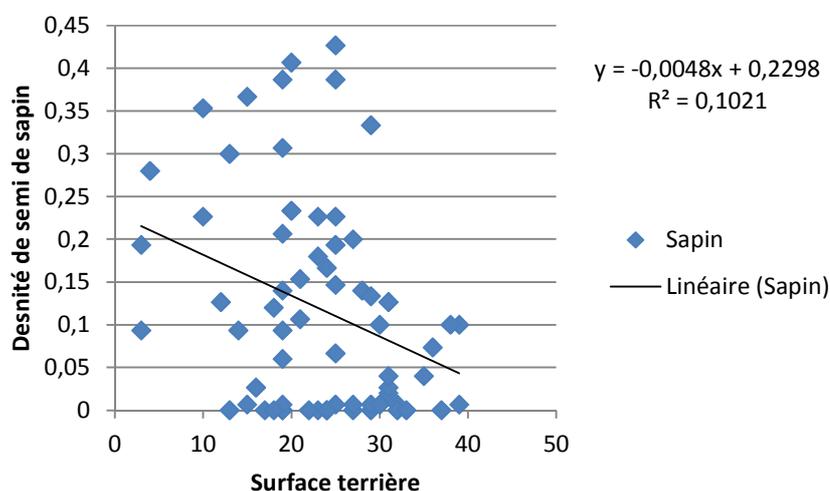


Figure 27. Relation entre la densité de semis (nb/ m<sup>2</sup>) et la surface terrière des différentes placettes à l'étude pour l'épinette blanche, la pruche et le sapin.

Nous avons décortiqué les résultats de l'analyse de la densité de la régénération en fonction de la surface terrière afin de voir l'effet du ravage vs. hors-ravage ainsi que des différentes classes de surface terrière (Tableau 3 en Annexe). À noter que les classe de surface terrière plus faible (classes 1 et 2) correspondent fortement avec l'ouverture (CBO et CJO), la classe intermédiaire (classe 3) avec l'écotone (CBE, CJE et des témoins) et les classes de surface terrière plus forte, avec les peuplements sous-couvert (CBC, CJC et plusieurs témoins).

Pour les semis, à Duhamel, la densité de sapin dans le ravage ou hors-ravage est très semblable pour les classes de plus faible surface terrière (classes 1 et 2), soit entre 0.11 et 0.12/m<sup>2</sup>, et 0.14/m<sup>2</sup> pour la classe 3 (Figure 6 en Annexe). Pour les classes de surface terrière plus élevée (classes 4 et 5), la réponse est différente, avec des densités de sapin plus de deux fois moins élevées dans le ravage. Avec des surfaces terrière très fortes (classe 6), la densité de semis de pruche est significativement plus élevée qu'avec des densités faibles (classe 1 et 2) (Figure 6 en Annexe). Pour l'épinette blanche, on observe

l'effet inverse, soit une augmentation significative des semis lorsque la surface terrière est très faible (classes 1) comparativement aux autres classes, ainsi qu'une densité significativement plus faible à forte surface terrière (classes 4, 5 et 6) (Figure 6 en Annexe). Au lac 31 miles, les densités de semis de sapin les plus élevées se trouvent hors-ravage dans des zones de forte surface terrière (classe 6), comparativement à la situation dans le ravage, où l'on trouve le sapin dans les zones de plus faible surface terrière (classe 1) (Figure 7 en Annexe).

### 3.10. L'influence du broutement sur la hauteur et le diamètre au collet

Pour les trois essences les plus abondantes, les données sur la hauteur et le diamètre au collet selon l'intensité du brout sont présentées à la figure 28, les effectifs au tableau 19.

Tableau 19. Les effectifs selon l'intensité du brout par essence. \*Les astérisques représentent les données des classes de brout qui ont été regroupées.

| N          | EPB | PRU | SAB  |
|------------|-----|-----|------|
| Pas brouté | 586 | 814 | 968  |
| 2          | *87 | 95  | 195  |
| 3          | *10 | 51  | 81   |
| 4          | **8 | *15 | 41   |
| 5          | **3 | *5  | 20   |
| 6          | **1 | *3  | 72   |
| Total      | 695 | 983 | 1377 |

Pour la pruche, en comparant les semis fortement broutés aux semis non-broutés ou faiblement broutés, on note que la hauteur est significativement moins élevée sans qu'il n'y ait de différence significative pour le diamètre au collet (Figure 28b). Pour les trois essences, on observe que la moyenne de la hauteur des semis avec un taux élevé de broutement (5 et 6) ne dépassait pas 1.07 m. D'un autre côté, la hauteur moyenne des semis après un taux moyen, faible ou nul de brout était toujours supérieur, quoi que faiblement à 1.07m. Est-ce que cet effet est simplement dû à l'effet aléatoire de l'échantillonnage ou est-ce que les semis ont une plus faible croissance en hauteur avec des taux de brout élevé? Le ratio entre la hauteur et le diamètre au collet selon l'intensité du brout nous informe à ce sujet.

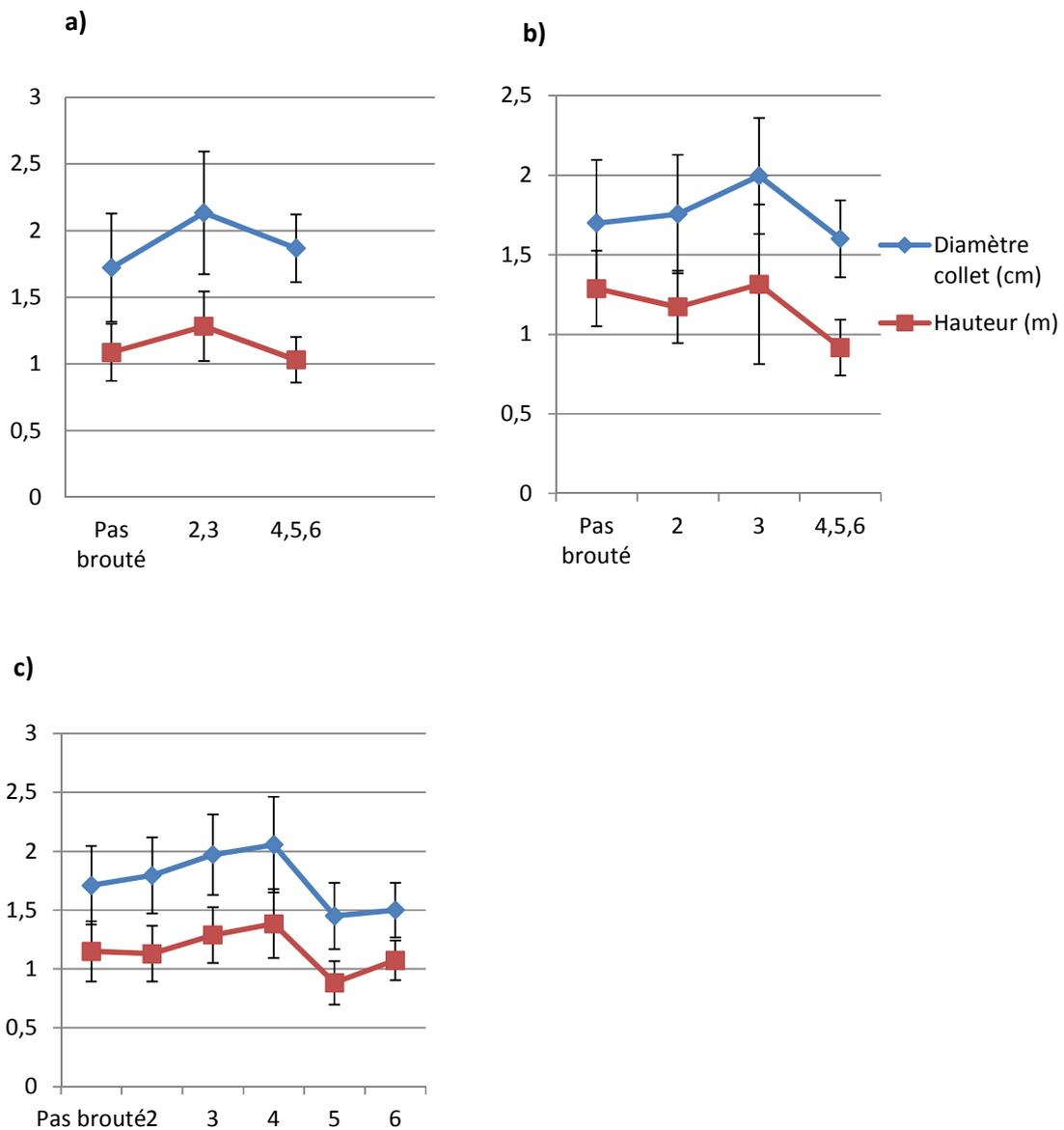


Figure 28. La moyenne de la hauteur et du diamètre au collet par essence (a=épinette blanche, b=pruche de l'est, c=sapin baumier) selon l'intensité du brouet.

Pour toutes les essences, l'indice hauteur/diamètre au collet est significativement plus élevé en l'absence de brouet (Figure 29). Pour la pruche et le pin blanc, le rapport hauteur/diamètre au collet diminue avec l'augmentation de l'intensité du brouet (Figure 29). Pour le sapin, l'épinette et le thuya, la réponse est variable entre les différentes intensités de brouet observées. Cette variabilité peut venir du fait que l'indice de brouet varie d'une année à l'autre et que le ratio hauteur/diamètre au collet reflète probablement la récurrence du brouet sur une plus longue période.

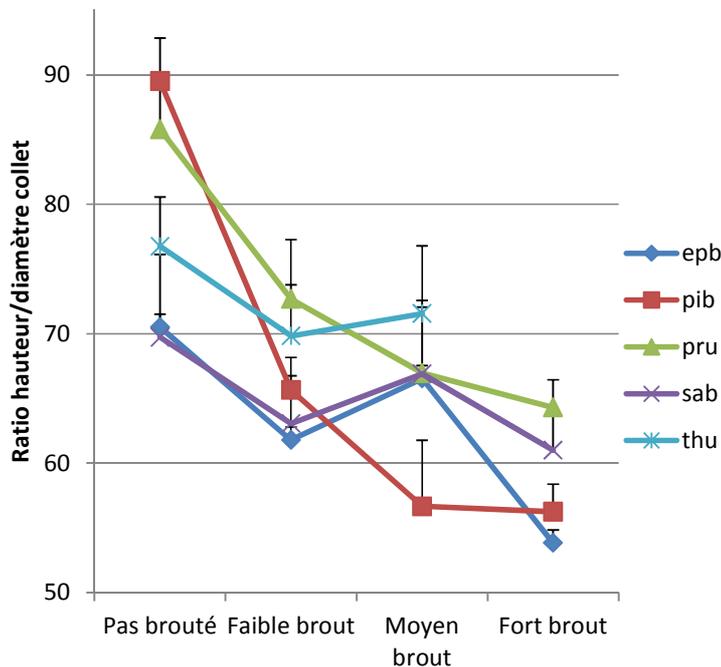
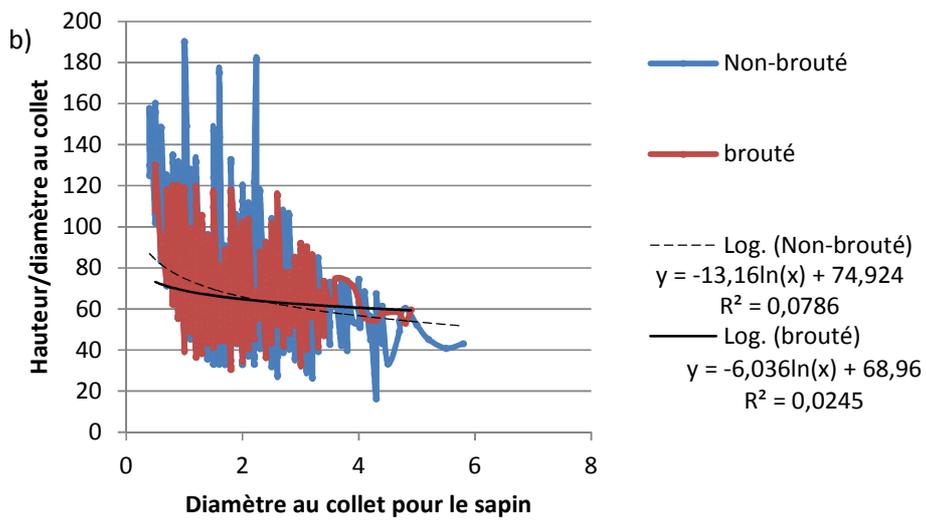
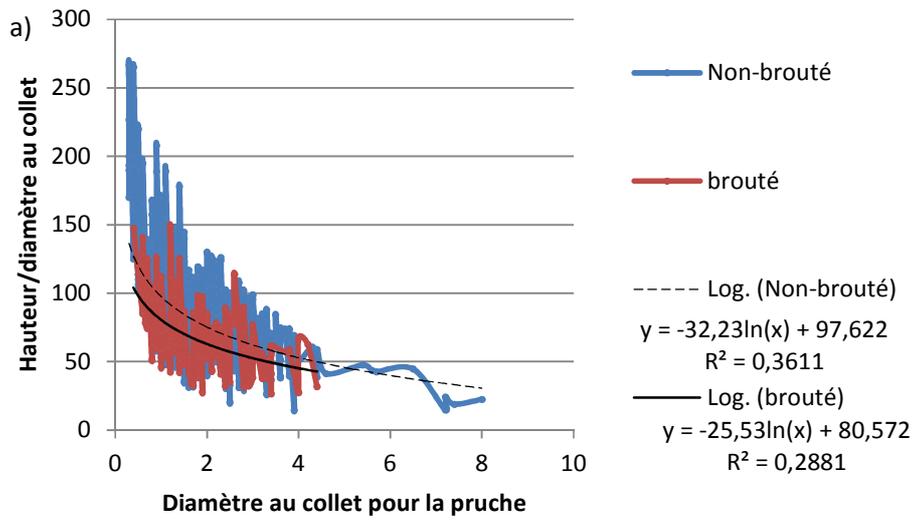


Figure 29. La moyenne des ratios hauteur (cm)/ diamètre au collet (cm) selon l'intensité du brout pour les différentes essences.

Nous avons aussi examiné le ratio hauteur/diamètre au collet en fonction du diamètre au collet avec ou sans brout (Figure 30). Pour la pruche, on observe que le ratio hauteur/collet est plus élevé pour les semis non-broutés, peu importe le diamètre au collet (Figure 30a). Ainsi, on observe une constante de croissance en hauteur plus importante sans brout qu'avec brout. Pour le sapin et l'épinette blanche, jusqu'à 2 cm de diamètre au collet environ, on observe aussi que le ratio hauteur/collet est plus élevé pour les semis non-broutés (Figure 30b et c). Cependant, cette tendance s'inverse lorsque le diamètre au collet est de plus de 2 cm, les semis sont plus hauts pour un même diamètre, après brout. La hauteur moyenne des semis d'environ 2 cm de diamètre au collet est de 1.39 m pour le sapin, 1.51 m pour la pruche et 1.25 m pour l'épinette blanche. Il est intéressant de noter que pour le sapin, la hauteur moyenne de mortalité des semis est la même soit 1.39 m. En effet, l'analyse de la mortalité des semis (Figure 8 en Annexe) démontre que la hauteur moyenne des morts est de 1.49 m pour l'épinette, 1.21 m pour la pruche et 1.39 m pour le sapin. Ainsi, pour le sapin, il est possible que les semis de plus de 2 cm de diamètre au collet qui survivent au brout soient aussi les plus hauts.



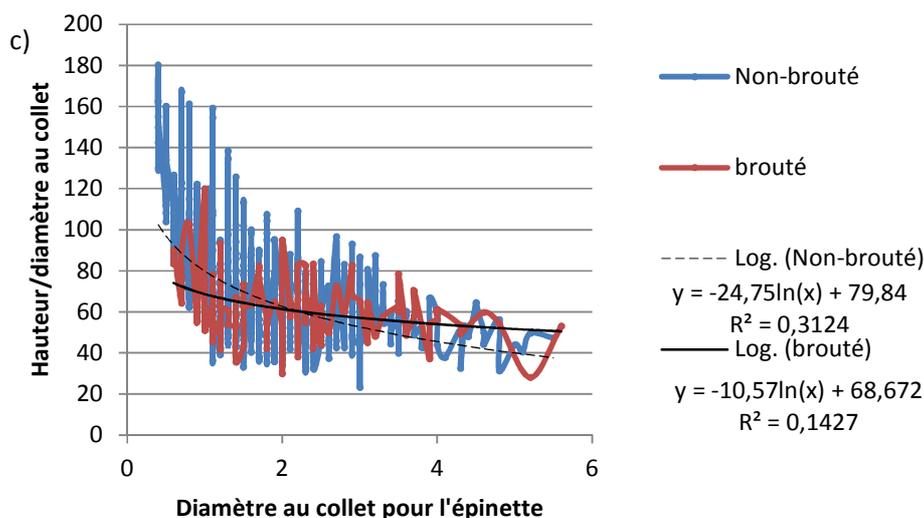


Figure 30. Relation entre le ratio hauteur/diamètre au collet et le diamètre au collet pour les semis broutés et non-broutés de a)pruche, de b) sapin et c) d'épinette blanche. Les équations des courbes de régression logarithmique sont présentées, ainsi que le coefficient de détermination de la courbe.

## 4. Discussion

Les trois principaux objectifs du présent projet visaient à mieux comprendre les mécanismes permettant de perpétuer les zones d'abri dans les ravages de cerf de Virginie. L'épinette blanche, la pruche, le thuya, le pin blanc et, à moins long terme, le sapin sont des essences pouvant perpétuer ces zones d'abri.

### 4.1. Quantifier la régénération en essences résineuses

#### *Les peuplements d'abri résineux d'avenir et les peuplements mal régénérés*

Tel que mentionné à la section 2.3, on considère ici que les peuplements les mieux régénérés ont une densité de semis résineux de plus de  $0.13/m^2$ , de gaules de plus de  $0.03/m^2$ , et que le nombre de tiges (classe 10-20 cm au DHP) est de plus de  $0.03/m^2$ . Les peuplements d'abri les mieux régénérés (peuplements 4, 5 et 10) sont composés majoritairement de pruche ou de cèdre dense entre 20 et 40 cm au DHP.

La situation de certains peuplements résineux d'abri semble particulièrement précaire face au recrutement d'essences résineuses et ce, autant dans le ravage que hors ravage (peuplement mal régénéré). En plus d'avoir une faible densité de semis (moins de  $0.13/m^2$ ) et de gaules (moins de  $0.03/m^2$ ) résineux, la classe de taille 10-20 cm au DHP est dominée par les feuillus (avec moins de  $0.03/$  tiges résineuse par  $m^2$ ), bien que les classes supérieures étaient dominées par des résineux. Ces peuplements sont les peuplements où l'on trouve majoritairement du pin blanc (type de peuplement 8, Tableau 15), du cèdre peu dense (type de peuplement 2, Tableau 15), ou un mélange de pin blanc et de cèdre (type de peuplement 7). La répartition de ces types de peuplements d'abri

(majoritairement au lac 31 Milles), peut expliquer pourquoi la densité de semis et de gaules, hors ravage, est plus élevée dans les peuplements d'abri-nourriture que dans les peuplements d'abri (Figure 5).

#### *Les peuplements d'abri-nourriture, mixtes et majoritairement feuillus : Abri d'avenir ?*

Les peuplements mixtes et majoritairement feuillus pourraient-ils devenir des peuplements d'abri futur? Parmi ces peuplements, le mieux régénéré (répondant aux critères de la section 2.3) semble être le type de peuplement feuillu accompagné d'une diversité de résineux dont la pruche, l'épinette et le sapin (type de 9, Tableau 15). Pour les autres, il semblerait que, sans intervention, les peuplements d'abri-nourriture ne constitueraient pas des zones d'abri futur, mais demeureraient plutôt des zones d'abri-nourriture. En effet, pour les témoins, dans les ravages, les densités les plus faibles (semis et gaules) se trouvent dans les zones d'abri-nourriture (Figure 5). De plus, les zones abri-nourriture, notamment les peuplements mixtes avec une bonne proportion de feuillus (type de peuplements 1, 3 et 6 ; Tableau 15) ne semblent pas augmenter leurs proportions de résineux (pour la classe 10-20 cm comparativement aux autres classes). Finalement, les zones d'abri-nourriture ne protègent pas non plus du broutement, puisqu'elles sont généralement plus broutées que les zones d'abri ; excepté lorsque la seule essence de semis restante est l'épinette blanche (Figures 8, 9, 15, 16 et 23).

#### *Le ravage de Duhamel : mieux régénéré*

La réponse de la régénération en essences résineuses est très différente entre le ravage de Duhamel et le ravage du lac 31 Milles. En somme, le ravage de Duhamel présente de meilleurs taux de régénération, de plus fortes densités de semis et de gaules résineux que le ravage du lac 31 Milles (Figures 12 et 18). On observe cette différence avec l'effet des traitements de coupe par bande et de coupe de jardinage, puisque la densité de semis ou de gaules des témoins n'est pas très différente entre les 2 ravages, voire plus élevée pour les gaules dans l'abri au lac 31 Milles (Figures 5, 12, 18). On note dans le ravage de Duhamel que les traitements de coupe par bande dans l'abri et de coupe de jardinage dans l'abri-nourriture augmentent la densité de semis et de gaules comparativement aux témoins (Figure 12). Au lac 31 Milles, c'est généralement l'inverse, la coupe par bande et la coupe de jardinage diminuent la densité de semis et de gaules comparativement aux témoins (Figure 18). Le brout et la proportion des divers types de peuplements dans le ravage peuvent aussi contribuer à cette différence (plus de peuplements de pin au lac 31 Milles, comparativement à plus de peuplements de pruche à Duhamel). Ainsi, un mélange de facteurs, dont la proportion des divers types de peuplements, l'effet des coupes et le broutement, peuvent être à l'origine de la différence de régénération observée entre le ravage de Duhamel et celui du lac 31 Milles.

#### *Le ravage de Duhamel : moins brouté*

Dans la présente étude, nous avons regardé le brout dans les ravages et hors-ravage (à proximité). En comparant les témoins, on observe tel qu'attendu que le brout est moins

élevé hors-ravage (Figure 8 et 9). Si l'on compare les deux ravages à l'étude, le broutement est plus important pour le ravage du lac 31 Milles qu'à Duhamel pour les témoins (Figure 9), cette tendance étant encore plus visible en incluant les traitements (Figure 10). En général, la proportion de témoin brouté est plus importante que dans les divers traitements (Figure 15, 16, 21, 22).

Plusieurs indices portent à croire que le broutement du cerf était plus présent il y a environ 10 ans dans le ravage de Duhamel. Dans les blocs expérimentaux d'une étude faite dans les mêmes ravages entre 1996-2004, sur les ramilles des plants commerciaux d'essences feuillues, le taux de broutement était significativement plus élevé à Duhamel qu'au lac 31 Milles, soit un pourcentage moyen de brout de 72.6% comparativement à 31% (Goudreault 2007). De plus, si l'on compare les témoins, on observe que la proportion de gaules par rapport au semis est deux fois plus faible dans le ravage de Duhamel comparativement au ravage du lac 31 Milles, soit 1/6 comparativement à 1/3 (Figure 5). Il est possible que depuis cette période, des changements aient eu lieu dans la densité et la répartition des cerfs. Le nourrissage pratiqué sur une grande échelle dans le ravage de Duhamel a probablement contribué à déplacer les concentrations de cerfs dans les régions avoisinantes des sites de nourrissage (Grenier *et al.* 1999).

Le brout par les autres animaux a été observé, comme dans l'étude de Goudreault (2007), tel que la présence de brout par les lièvres, quoique secondaire, au ravage du lac 31 Milles. D'un autre côté, dans la présente étude, le brout par l'orignal était présent à Duhamel dans plusieurs parcelles. L'observation qualitative des crottins et des sentiers fauniques montre aussi la présence plus importante de cerfs dans nos parcelles au lac 31 Milles.

#### *Les essences résineuses d'avenir dans les ravages*

La présente section porte sur le fait que certaines essences, même en présence de forte densité de cerf, peuvent survivre et croître, tandis que d'autres essences sont plus à risque.

Le sapin baumier a le taux de mortalité (9.1%), le taux de brout (29.2%) et que l'indice de brout (1.7) les plus élevés (Tableau 13). Avec des densités de cerf élevées (notamment au ravage du lac 31 Milles), presque qu'aucun semis de sapin n'était présent dans les zones d'abri-nourriture, ceux présent dans l'abri, bien qu'en forte densité (0.11/m<sup>2</sup> pour les témoins), étant très fortement broutés (Figure 23). La difficulté d'établissement des semis de sapin en présence de forte densité de cerf a aussi été documentée dans d'autres études (Tableau 2, Michael 1992). Les densités de sapin étant significativement plus fortes hors-ravage que dans le ravage pour les témoins (Figures 6 et 7). Le fort broutement pourrait avoir un effet sur la hauteur et la survie des semis. En effet, la hauteur par rapport au diamètre au collet est plus faible pour les tiges broutées jusqu'à 2 cm de diamètre au collet (Figure 30). À ce diamètre, on trouve une forte concentration de semis morts (Figure 8 en Annexe). Dans le ravage de Duhamel cependant, avec des densités de cerf probablement plus faibles, on note de bonnes densités de sapins, notamment dans les zones de coupe par bande et de coupe de jardinage (Figures 13 et

14). Plus de la majorité de ceux-ci n'étant pas broutés (Figure 17). Le sapin baumier est rarement l'essence dominante au niveau du couvert dans les ravages de cerfs à l'étude (Figure 25), mais plutôt une essence d'accompagnement importante. Ainsi, les semis et les gaules de sapin, bien que broutés, conservent tout de même une place importante, notamment d'essence compagne, pour les futurs ravages. Les traitements sylvicoles peuvent influencer sa présence ou son succès (voir section 4.2).

La pruche semble être une essence d'avenir dans le ravage de Duhamel. Selon l'habitat, les traitements et le type de milieu de lumière, les densités de semis et de gaules peuvent atteindre 0.24/m<sup>2</sup> et 0.047/m<sup>2</sup> respectivement (Figures 13 et 14). La majorité des semis n'étant pas broutés (Figure 17). De plus, le taux de mortalité n'est pas très élevé pour les semis (environ 2.3%) (Tableau 13). Cette essence semble être indicatrice du broutement. En effet, le ratio hauteur/diamètre au collet diminue avec l'augmentation de l'intensité du brout (Figure 29). De plus, pour les semis, la hauteur diminue pour un même diamètre au collet lorsque la pruche est broutée (Figure 30). Des conclusions semblables sur la hauteur de la pruche qui corrèle négativement avec le brout ont été émises par Alverson et Waller (1996) et Long *et al.* (1998) (Tableau 2). Bien que la pruche soit influencée par le broutement, la régénération de cette essence ne semble pas compromise dans le ravage de Duhamel. Peut-être a-t-elle même bénéficié de conditions favorables (Liste au tableau 1) dans le ravage, notamment des petits chablis et des trouées naturelles? La présence de microsites pouvant protéger les semis du brout pendant de longue période (Krueger et Peterson 2006). L'étude d'autres peuplements au Lac 31 Milles serait nécessaire afin de conclure pour la pruche dans ce ravage.

L'épinette blanche est l'essence résineuse dont la densité de semis et de gaules est la plus élevée dans les zones de traitements CB et CJ dans le ravage du lac 31 Milles (Figures 19 et 20). Les traitements semblent aussi influencer sa présence pour le ravage de Duhamel (voir section 4.2). La régénération de cette essence semble être présente dans plusieurs circonstances. Le broutement de l'épinette est plus faible que le sapin et la pruche (16% et 1.2%), son taux de mortalité étant aussi plus faible (Tableau 13) et bien réparti selon les classes de diamètre au collet (Figure 8 en Annexe). D'autres études montrent aussi que l'épinette blanche est moins utilisée par le cerf comme source de nourriture que les autres résineux (Dumont *et al.* 2005). Dans la présente étude, l'effet du broutement est tout de même présent, avec une diminution de la hauteur par rapport au collet pour les semis de moins de 2 cm de diamètre au collet (Figure 30). L'épinette est donc une essence pouvant perpétuer l'abri, bien que, comme le sapin, cette essence est souvent en accompagnement (Figure 25).

Pour le thuya, les plantules sont bien présentes et constituent parfois l'essence majoritaire, mais l'on dénombre beaucoup moins de semis ou de gaules en proportion, très rarement majoritaires (exemple Figures 19 et 20). Diverses informations laissent croire que cette essence est grandement broutée par le cerf. Par exemple, une étude dans le ravage du Lac Pohénégamook montre que bien que le thuya ne représente que 1.7% de la disponibilité en ramilles, le taux d'utilisation de cette essence par le cerf est élevé, soit 34.1% (Dumont *et al.* 2005). Dans la présente étude, on trouve des semis et des gaules principalement dans les zones hors-ravage, notamment les abris, où les densités de cerf

sont probablement plus faibles (Figure 6, Tableau 20), le même constat a été fait dans l'étude de VanDellen *et al.* 1996, Tableau 2). Cependant, le taux de brout des semis de thuya n'est que de 10.5% (Tableau 13), probablement en raison du nombre important de semis hors-ravage et du fait que le cerf peut arracher les semis lors du brout. Des blocs témoins (exclos) et les blocs expérimentaux dans les ravages du lac 31 Mille ont été visités pour voir la régénération du thuya. Tout comme dans l'étude de Little et Somes (1965), ce dispositif montre bien que les thuyas de la taille semis étaient présents dans les exclos, mais que l'on en comptait peu à l'extérieur des exclos. Le bois mort est un facteur que nous n'avons pas pris en compte dans cette étude, mais qui devrait être conservé dans certaines zones. Selon la littérature, dans les endroits non perturbés, plus de 70% de la régénération du thuya est observée sur du bois mort (Tableau 1). Dans les endroits perturbés, les buttes et les chemins de débardage seraient les lits de germination favorisant l'établissement de cette espèce. Il est à noter que la présence de bois mort peut aussi assurer une protection physique contre le broutement (Krueger et Peterson 2006). Outre les conditions hydriques, édaphiques et la présence de bois mort importante pour le thuya (Tableau 1), la présence du cerf semble nuire à sa régénération (Tableau 2 ; Little et Somes 1965 et VanDeelen *et al.* 1996). Ainsi, en plus de préserver les peuplements actuels de thuya, des efforts particuliers semblent être nécessaires afin d'assurer la pérennité de ces peuplements (voir section 4.3). D'autres traitements non-testés dans la présente étude comme les coupes par trouées (30 m de côté) de 0.08 ha pourraient aussi être évalués. Dans les cédrières, on note que ce traitement entraînerait un taux de régénération élevé, dont 80% en thuya, 5 ans après traitement (Dumont *et al.* 1998, Potvin et Huot 1982).

Il fut difficile d'analyser l'effet du broutement sur le pin blanc, les semis de cette essence étant rares, bien que l'on observe des plantules (Figure 20). L'étude de Ward et Mervosh 2008 montre que la densité de pin blanc est plus élevée dans les exclos (Tableau 2). Ainsi, sans effort de restauration (ex. plantation, exclos/protection du brout, essais de nouveaux traitements), le pin blanc ne semble pas être une essence pouvant assurer de nouvelles zones d'abri dans les ravages. D'un autre côté, le pin blanc est une essence longévive (Tableau 1) pouvant quand même perdurer là où il est déjà présent.

## 4.2. Évaluer les effets des divers traitements

### *Densité de semis et de gaules*

Bien que la densité de semis soit plus élevée que celle des gaules, on note que généralement les semis et les gaules répondent de façon semblable aux diverses conditions (ravages, région, habitats, traitements, milieu de lumière et le type de peuplement) ainsi que pour les témoins et par essences (Figures 5, 6, 7, 12, 13, 18, 19 et 24). On note cependant des différences plus fréquentes lorsque l'on compare la réponse de la densité des semis et des gaules par rapport à au milieu de lumière après coupe de jardinage (Figures 14 et 20).

## Traitement et autres facteurs influençant la régénération des essences résineuses

La densité de semis des essences résineuses ne peut être modélisée en fonction de l'ensemble des diverses variables mesurées, vu les contraintes statistiques. Ainsi, nous avons plutôt fait un tableau récapitulatif des principaux facteurs influençant la régénération par essences résineuses en mettant l'accent sur les différences significatives (Tableau 20). Les facteurs principaux mesurés qui influencent la densité de la régénération selon les essences sont représentés en jaune.

Tableau 20. Facteurs à considérer pour perpétuer les peuplements d'abri dans les ravages de cerf de Virginie. Les principaux facteurs sont représentés en jaune.

|  | Épinette blanche                             | Pruche                                      | Sapin baumier  | Thuya                           |
|--|--|---|--|---------------------------------|
| Intérieur ou extérieur du ravage (Témoins) | 31 Milles : Ravage > Hors-ravage             | Duhamel : Ravage > Hors-ravage              | Hors-ravage > Ravage   | Hors-ravage > Ravage            |
| La zone (Témoins)                          | Ravage : 31 Milles > Duhamel                 | Duhamel > 31 Milles                         | Hors-ravage : Duhamel > 31 Milles<br>Ravage : 31 Milles > Duhamel                                    | Duhamel > 31 Milles             |
| Habitat (Témoins)                          | 31 Milles/Ravage : Abri>Abri-nourriture      | Abri>Abri-nourriture                        | Duhamel et 31 Milles/Hors-ravage : Abri-nourriture > Abri<br>31 Milles/Ravage : Abri>Abri-nourriture | Abri>Abri-nourriture            |
| Peuplements                                | R <sup>2</sup> =0.13<br>Favoris : 5, 4, 9    | R <sup>2</sup> =0.57<br>Favoris : 4, 5      | R <sup>2</sup> =0.19<br>Favoris : 9, 5, 4, 10  | Favoris : 2, 10                 |
| V.I. Couvert                               | Croissant Maximal à plus de 15%              | Croissant Maximal à 40% et plus             | Croissant (faible) Maximal à plus de 8%  | Croissant Maximal à plus de 50% |
| Traitement (Duhamel)                       | Abri : CB>CJ>T<br>Abri-nourriture : CJ>T     | Abri : T, CB >CJ<br>Abri-nourriture : CJ>T  | Abri : CB>CJ>T<br>Abri-nourriture : CJ>T   |                                 |
| Traitement (31 Milles)                     | Abri : T, CB >CJ                             |   | Abri : T > CB, CJ  |                                 |
| Milieu de lumière (Duhamel)                | Abri (CB ou CJ) : Ouvert > Écotone > Couvert | Abri (CB ou CJ) : Couvert > Écotone, Ouvert | Tendance : Écotone > Couvert   |                                 |
| Surface terrière (Duhamel)                 | Décroissant<br>Y=0.15-0.0043*ST              | Croissant<br>Y=0.013+0.0037*ST              | Décroissant<br>Y=0.23-0.0048*ST  |                                 |

### Dans l'abri

En somme, on note que dans l'abri, la coupe par bande est plus favorable que la coupe de jardinage pour la régénération des semis résineux (Figures 12 et 18). Le taux de

broutement n'étant pas très différent entre ces deux traitements (Figures 15, 16, 21 et 22). Dans le ravage de Duhamel, la densité de semis est plus élevée et moins broutée après CB que chez les témoins (Figures 12 et 15). La densité d'épinette blanche et le sapin étant significativement plus élevée après coupe par bande, alors que la coupe de jardinage entraîne une densité de semis significativement plus élevée pour les témoins (CB>CJ>T) (Figures 13 et 14, Tableau 20). Cependant, l'analyse d'autres coupes par bandes plus distancées, dans ce ravage, aurait été nécessaire afin de pouvoir conclure sur ce traitement. Dans le ravage du lac 31 Milles, les zones témoins sont mieux régénérées que les zones de coupe par bande (Figure 18), bien que la densité de semis non-broutés est plus élevée après CB (Figure 21). Cet effet est attribuable en partie au sapin, dont la densité est significativement plus élevée dans les témoins au lac 31 Milles (Figure 19, Tableau 20). Dans l'étude de Goudreault (2007) sur les essences commerciales ligneuses feuillues, les traitements sylvicoles qui ont favorisé l'apparition du plus grand nombre de plants commerciaux (feuillus) sont, au lac 31 Milles, la CB dans les cédrières. Ainsi, bien que ce traitement semble favoriser certaines essences résineuses, il peut aussi favoriser les feuillus, entraînant une compétition potentielle.

### *Dans l'abri-nourriture*

Pour l'abri-nourriture, la coupe de jardinage occasionne une régénération généralement un peu plus dense en résineux que chez les témoins (Figures 12 et 18). Parmi les essences étudiées, la densité de semis de sapin et d'épinette blanche est significativement plus élevée après coupe de jardinage que dans les témoins à Duhamel (Figure 14). Nos résultats vont dans le même sens que l'étude de Nolet *et al.* 1998, soit que la densité de sapin pour les 0-1m et 1-4m (correspondant à nos plantules et semis), dans des peuplements d'abri-nourriture, semble plus élevée après coupe de jardinage comparativement aux témoins. Les zones de CJ étant aussi généralement moins broutées que les témoins (Figures 15 et 21).

### *Effet du couvert (milieu de lumière, surface terrière et type de peuplement)*

Dans un contexte de ravage de cerf, l'effet des différents milieux de lumière (sous-couvert, écotone et ouverture) après les différents traitements est important puisqu'en plus de créer des conditions de germination et de lumière différentes, les différents milieux de lumière peuvent influencer le broutement. Nous pensions voir un effet protecteur des ouvertures contre le brout, puisqu'en période hivernale, l'accumulation de neige dans les ouvertures pourrait être un facteur limitant l'utilisation des semis comme nourriture par les cerfs (Telfer 1978, Gill 1992). Cependant, nous avons plutôt observé un effet protecteur contre le broutement des différentes coupes comparativement aux témoins, sans toutefois voir de tendance claire pour l'effet du milieu de lumière (Tableau 1 en Annexe).

La présence d'une zone non-traitée (sous couvert), d'une zone coupée (ouverture) et de l'écotone est très importante pour la diversité dans la coupe par bande et après coupe de jardinage. L'épinette semble profiter des ouvertures, le sapin de l'écotone et la pruche du couvert (Tableau 20). Ces informations vont dans le même sens que ce que l'on trouve

dans la littérature (Tableau 1, Rogers 1977, Burns et Honkala 1990). Plus précisément, dans la présente étude, pour l'épinette blanche, on observe un effet positif de l'ouverture après traitement (CB ou CJ) dans l'abri (Figures 13 et 14) ainsi que la diminution de la densité de semis avec l'augmentation de la surface terrière (Figure 27). L'étude des ouvertures après trouées montre aussi que la densité de la régénération de l'épinette augmente avec l'ouverture (pour des ouvertures inférieures à 600m<sup>2</sup>) (Kneeshaw et Prévost 2007). Pour le sapin, la présence d'écotone semble augmenter la densité de semis (à Duhamel), d'autres études montrent aussi l'effet positif de l'ouverture pour le sapin après coupe de jardinage dans l'abri-nourriture (Nolet *et al.* 1998). Plusieurs indicateurs montrent que la régénération en pruche est meilleure lorsque le couvert est dense en pruche, dont l'augmentation de la densité de semis avec l'augmentation de la surface terrière (Figure 27), l'augmentation significative de la densité de semis dans les type de peuplements de pruche (4 et 5) (Figure 24) et l'augmentation croissante de la densité de semis avec l'augmentation de la valeur d'importance du couvert (jusqu'à 40%) (Figure 25).

La façon dont sont effectués les différents traitements peut grandement influencer la régénération. On note par exemple que l'orientation de la coupe (Gray et Spies 1996, Gendreau-Berthiaume et Kneeshaw 2009) et la taille de l'ouverture (Raymond *et al.* 2006) sont des facteurs qui influencent la quantité de lumière et la régénération (Kneeshaw et Bergeron 1999). Les limitations de la présente étude n'ont pas permis cette analyse.

### 4.3. Développement d'outil d'aide à la décision selon divers scénarios

Premièrement, les résultats de la présente étude portent sur l'évaluation à une échelle fine de parcelles dans les ravages et non sur l'analyse globale de la totalité du ravage. Les plans d'aménagement des ravages de cerf de Virginie nous informent davantage sur l'approche globale, soit le pourcentage des différentes zones (abri, abri-nourriture, nourriture), la connectivité/répartition entre ces zones (Tableau 8), ainsi que les densités et la récolte de cerf de Virginie (Tableau 5 et 6). Un outil d'aide à la décision complet devrait prendre en compte ces diverses sources d'informations. Ci-dessous, voici les divers scénarios ainsi que nos recommandations suite aux résultats obtenus dans la présente étude. Les recommandations sont inspirées des résultats de cette étude résumés au Tableau 20.

Cas 1 : Dans un ravage où les peuplements d'abri sont suffisants et bien distribués :

*S'assurer d'un suivi et du maintien de ces peuplements à long terme ; plus de 20% de peuplements d'abri et entre 20-30% de peuplements d'abri-nourriture.*

Cas 2 : Dans un ravage où les peuplements d'abri sont déficitaires ou mal répartis:

*Essayer d'atteindre plus de 20% de peuplements d'abri et entre 20-30% de peuplements d'abri-nourriture, tout en sélectionnant les zones permettant une bonne répartition/connectivité de ces peuplements.*

Voici des recommandations pour atteindre ces objectifs selon les divers types de peuplement :

**Types de peuplement pouvant perpétuer l'abri :** Densité de semis (plus de 0.13/m<sup>2</sup>), gaules (plus de 0.03/m<sup>2</sup>), perches (plus de 0.03/m<sup>2</sup>) (ex. types 4, 5, 9, 10)

**1. Conserver et s'assurer d'un suivi de ces peuplements.**

À long terme, si ces peuplements deviennent déficitaires en régénération résineuse (perches, gaules ou semis), s'inspirer selon les cas, des traitements (ex. CB) faits antérieurement qui se sont avérés efficaces, tout en conservant les différentes zones (couvert, écotone et ouvert).

**Types de peuplements d'abri mal-régénéré :** Densité plus faible (semis, gaules et perches) (Types 2, 7, 8)

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

- 1. Propice à l'épinette (présence de plantules) : Conserver les épinettes matures (V.I. de plus de 15%), favoriser les ouvertures (surface terrière↓), CB > CJ.**
- 2. Propice à la pruche (haute densité de plantules) : Conserver la densité de pruche 20-40cm et l'augmenter à long terme, avec plus de 40% de la V.I. du couvert. Conserver une forte surface terrière. Peuvent être à proximité de zones perturbées (CJ, CB, chablis), notamment si elles abritent du cerf/brouet.**
- 3. Propice au sapin (haute densité de plantules) : Si haute densité de cerf, pas de traitement. Si faible densité de cerf, favoriser l'écotone et les petites ouvertures par des traitements (CB > CJ) de faibles superficies.**
- 4. Propice au pin blanc (haute densité de plantules) : D'autres essais devraient être envisagés (ex. plantation de pin avec protection du brouet).**
- 5. Propice au thuya (haute densité de plantules) : Conserver la densité en thuya 20-40cm et l'augmenter à long terme, avec plus de 50% de la V.I. du couvert. Essai de nouveaux traitements expérimentaux ou rendre les semis de thuya inaccessibles au cerf.**
- 6. Si très forte densité de cerf : D'autres solutions peuvent être envisagées comme de planter des épinettes blanches dans les petites ouvertures tout en gardant le couvert résineux présent.**

### **Type de peuplements d'abri-nourriture (ne perpétuant pas l'abri) (Types 1, 3, 6)**

- 1. Si faible densité de cerf, miser sur la diversité en sapin/pruche/épinette/thuya, conserver les résineux matures, s'assurer que le traitement fait (ex. CJ ou CJ par trouées) 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).**
- 2. Si haute densité de cerf, miser sur l'épinette blanche, conserver les épinettes matures (V.I. de plus de 15%), favoriser les ouvertures (surface terrière↓), moins de brout et densité de régénération plus élevée dans les petites ouvertures/trouées, ex. CJO.**

## **Conclusion**

La recherche d'un équilibre entre la densité de cerf, la quantité d'abri et la régénération résineuse semble être une solution durable pour maintenir la qualité des ravages de cerf de Virginie. Les stratégies à adopter sont différentes lorsque le peuplement actuel est bien régénéré ou lorsque celui-ci est déficitaire. La densité de cerf semble grandement influencer cette régénération résineuse d'avenir. En effet, lorsque le ravage est moins brouté, les peuplements d'abri semblent pouvoir mieux se perpétuer. L'effet des coupes et du niveau de lumière permet aussi de mieux diriger la régénération en différentes essences résineuses. Cependant, lorsque la densité de cerf est très élevée comme dans le ravage du lac 31 Milles, la régénération d'essences résineuses est souvent déficitaire. Les coupes de jardinage et les coupes par bandes ne semblent pas améliorer la densité de la régénération résineuse dans de telles circonstances. Des nouvelles mesures comme la plantation d'épinette dans les petites ouvertures dans les peuplements résineux présents pourraient combler le déficit de régénération résineuse et assurer des peuplements d'abri d'avenir. Les différentes informations obtenues dans cette étude sur la densité de la régénération résineuse en fonction de diverses variables (les types de coupes, le milieu de lumière, la valeur d'importance du couvert, le type de peuplement, la surface terrière,...) devraient être prises en compte lors des nouvelles stratégies d'aménagement de ravages de cerf de Virginie.

## 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 *tsuga canadensis* forest. *J. Appl.Ecol.*, 16 : 855-861.
- 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.
- Crête M., J.P. Ouellet et L.Lesage. 2001. Comparative effects on plants of caribou/reindeer, moose and white-tailed deer herbivory. *Artic.* 54:407-417.
- 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., M. Crête, J.-P. Ouellet, J. Huot, and J. Lamoureux. 2000. Population dynamics of northern white-tailed deer during mild winters: Evidence of regulation by food competition. *Canadian Journal of Zoology* 78: 764-776.
- 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.

- Grenier D., M. Crête et A. Dumont. 1999. Effets du nourrissage artificiel sur les déplacements hivernaux de cerfs de virginie, vivant au nord de leur aire de répartition. *Canadian Field-Naturalist* 113 : 609-615.
- Gill,R.M.A. 1992. A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer. *Forestry* 65[2], 145-169.
- Goudreault, F. 1995. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec. Zone 10. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune. 5 p.
- 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.
- 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.
- 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.
- Kneeshaw, D.D., Y. Bergeron. 1999. "Spatial and temporal patterns of seedling recruitment within spruce budworm caused canopy gaps." *Écoscience* 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.
- 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. Crête, 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.
- Nolet, P. Rojas, N. 1998. Effets des coupes de jardinage sur la biodiversité végétale. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Qc. 22p.
- Potvin F., P. Baupré et G. Laprise. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti Island: A 150-year process. *Ecoscience.* 10 : 487-495.
- Potvin, F. 1995. L'inventaire du brout: revue des méthodes et description des deux techniques. Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Direction de la faune et des habitats. Rap. 70 p.
- 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.
- Rooney, T.P. 2001. Deer impacts on forest ecosystems a north american perspective. *Forestry.* Vol. 74 (3)202-208.
- 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.
- Van Deelen T.R. K.S. Pregitzer et J.B. Haufler. 1996. A comparaison of presettlement and present-day forests in two northern Michigan deer yards. *Am. Midl. Nat.* 135: 181-195.
- Ward J.S. et T.L. Mervosh. 2008. Strategies to reduce browse damage on eastern white pine in southern New England. *Forest. Ecol and Mana.* 225 : 1559-1567.
- Autres sources : Plan d'intervention du ravage de Duhamel et Le plan d'aménagement du ravage de cerf de Virginie du Lac des Trente-et-un milles (2005) de la Société sylvicole de la Haute-Gatineau.

## Annexe

### A) Résultats détaillés de l'indice de brout

**Tableau (Annexe) 1. Indice de brout selon les différentes conditions (zones, habitat, traitement, milieu de lumière) pour les deux ravages à l'étude.**

| Zones          | Habitat         | Traitement | Milieu de lumière | Duhamel | 31 Milles |      |
|----------------|-----------------|------------|-------------------|---------|-----------|------|
| Hors-Ravage    | Abri            | Témoin     |                   | 1,20    | 2,13      |      |
|                | Abri-Nourriture | Témoin     |                   | 2,04    | 1,36      |      |
| Moyenne        |                 |            |                   | 1,49    | 1,53      |      |
| Ravage         | Abri            | Témoin     |                   | 1,51    | 4,66      |      |
|                |                 |            | CB                | 1,18    | 2,12      |      |
|                |                 | CJ         | C                 | E       | 1,09      | 1,93 |
|                |                 |            |                   | O       | 1,15      | 2,03 |
|                |                 |            |                   |         | 1,31      | 2,44 |
|                |                 |            | E                 |         | 1,23      | 1,65 |
|                |                 |            |                   | O       | 1,50      | 1,00 |
|                | Abri-Nourriture | Témoin     |                   | 1,18    | 1,67      |      |
|                |                 |            | O                 | 1,07    | 1,82      |      |
|                |                 | CJ         |                   | 2,14    | 1,81      |      |
|                | Abri-Nourriture | CJ         | C                 |         | 1,18      | 1,75 |
|                |                 |            |                   | E       | 1,25      | 1,71 |
|                |                 |            |                   | O       | 1,09      | 1,35 |
|                |                 |            | E                 |         | 1,21      | 2,00 |
| O              |                 |            |                   |         |           |      |
| Moyenne        |                 |            |                   | 1,24    | 2,92      |      |
| Moyenne région |                 |            |                   | 1,29    | 2,39      |      |

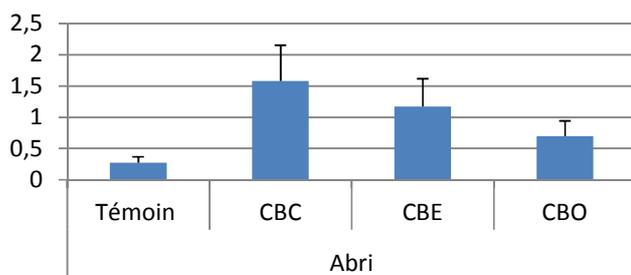
**Tableau (Annexe) 2. Indice de brout par essence selon les différentes conditions (zones, habitat, traitement, milieu de lumière) pour les deux ravages à l'étude.**

| Région  | Zones       | Habitat | Traitement | EPB             | PRU | SAB | THO      |     |     |     |     |
|---------|-------------|---------|------------|-----------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
| Duhamel | Hors-Ravage | Abri    |            | 1,0             | 1,2 | 1,6 | 1,1      |     |     |     |     |
|         |             |         | Ravage     | Abri-Nourriture | 1,2 | 1,4 | 3,3      | 1,1 |     |     |     |
|         | Ravage      | Abri    |            | CB total        | 1,3 | 1,5 | 1,7      |     |     |     |     |
|         |             |         |            | CBC             | 1,1 | 1,1 | 1,3      | 1,0 |     |     |     |
|         |             |         |            | CBE             | 1,1 | 1,1 | 1,4      | 1,0 |     |     |     |
|         |             |         |            | CBO             | 1,1 | 1,2 | 1,8      | 1,3 |     |     |     |
|         |             |         |            | CJ total        | 1,0 | 1,3 | 1,2      | 1,0 |     |     |     |
|         |             |         |            | CJC             | 1,0 | 1,5 | 1,9      |     |     |     |     |
|         |             |         |            | CJE             | 1,0 | 1,3 | 1,0      | 1,0 |     |     |     |
|         |             |         |            | CJO             | 1,0 | 1,1 | 1,1      | 1,0 |     |     |     |
|         |             |         |            | Abri-Nourriture |     |     |          | 1,6 | 2,7 | 1,8 |     |
|         |             |         |            |                 |     |     | CJ total | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 |
|         |             |         |            |                 |     |     | CJC      | 1,0 | 1,4 | 1,5 | 1,0 |
|         |             |         |            |                 |     |     | CJE      | 1,0 | 1,0 | 1,2 |     |

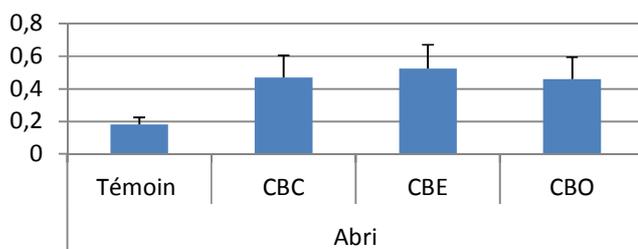
|           |             |                 | CJO      | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 1,0 |     |
|-----------|-------------|-----------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Moyenne   |             |                 |          | 1,1 | 1,3 | 1,7 | 1,1 |     |
| 31 Milles | Hors-Ravage | Abri            |          | 1,3 |     | 3,9 | 1,0 |     |
|           |             | Abri-Nourriture |          | 1,0 |     | 1,6 | 1,7 |     |
|           | Ravage      | Abri            |          | 2,3 |     | 5,3 |     |     |
|           |             |                 | CB total |     | 1,7 |     | 4,3 | 2,3 |
|           |             |                 | CBC      |     | 1,8 |     | 5,0 |     |
|           |             |                 | CBE      |     | 1,7 |     | 5,0 | 3,0 |
|           |             |                 | CBO      |     | 1,7 |     | 3,0 | 1,5 |
|           |             |                 | CJ total |     | 1,5 |     |     |     |
|           |             |                 | CJC      |     | 1,0 |     |     |     |
|           |             |                 | CJE      |     | 1,7 |     |     |     |
|           |             |                 | CJO      |     | 1,5 |     |     |     |
|           |             | Abri-Nourriture |          |     | 1,7 |     |     |     |
|           |             |                 | CJ total |     | 1,3 |     | 6,0 |     |
|           |             |                 | CJC      |     | 1,4 |     |     |     |
|           |             | CJE             |          | 1,4 |     |     |     |     |
|           |             | CJO             |          | 1,3 |     | 4,8 |     |     |
| Moyenne   |             |                 |          | 1,6 |     | 3,4 | 1,9 |     |

**B) Les informations supplémentaires sur la densité de la régénération résineuses à Duhamel**

**Densité de plantule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**



**Densité de semis/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**



**Densité de gaule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**

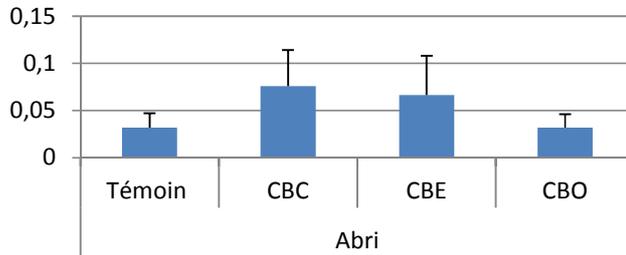
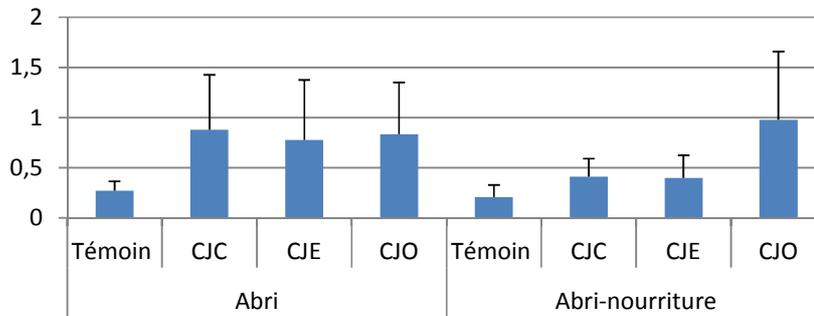
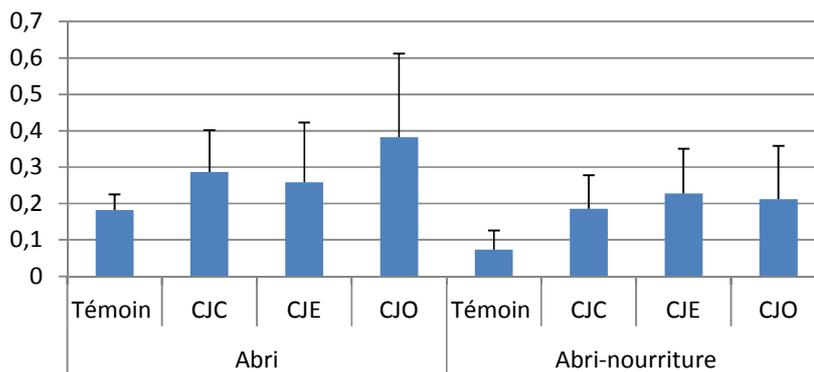


Figure (Annexe) 1. Densité de plantules, de semis et de gaules selon le milieu de lumière après la coupe par bande.

**Densité de plantule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe de jardinage**



**Densité de semis/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe de jardinage**



**Densité de gaule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe de jardinage**

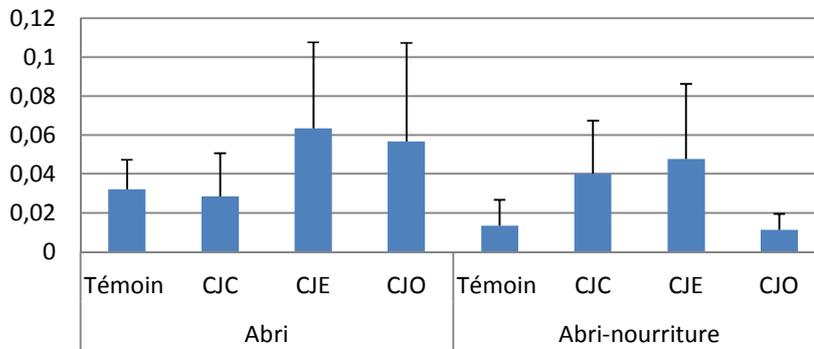
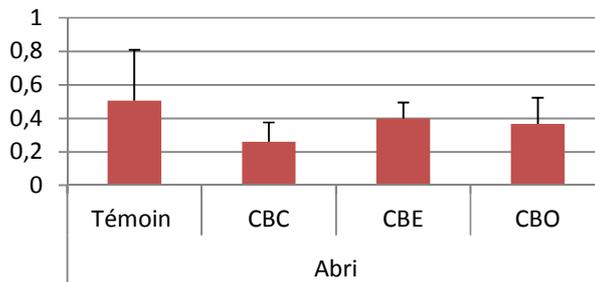


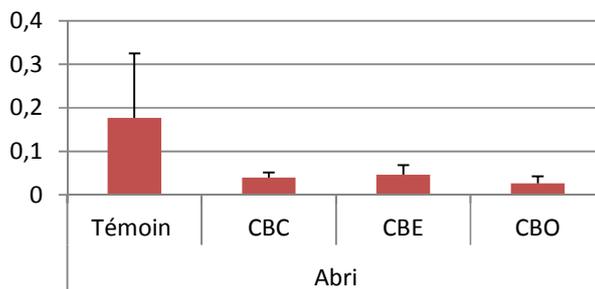
Figure (Annexe) 2. Densité de plantules, de semis et de gaules selon le milieu de lumière après la coupe de jardinage.

**C) Les informations supplémentaires sur la densité de la régénération résineuses au lac 31Milles**

**Densité de plantule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**



**Densité de semis/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**



**Densité de gaule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe par bande**

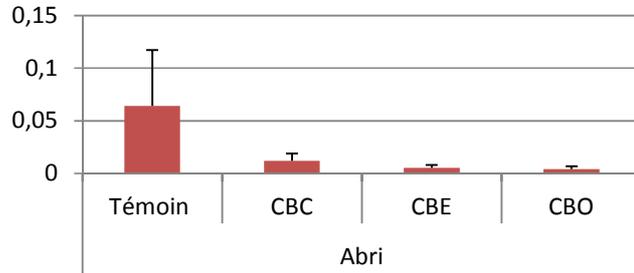
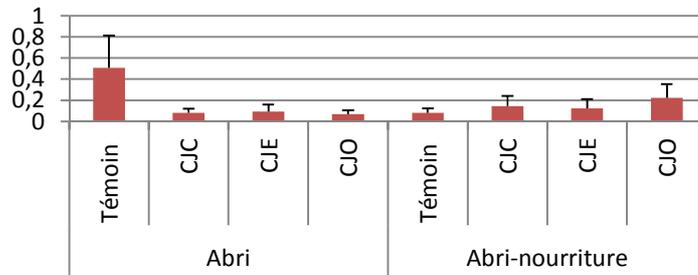
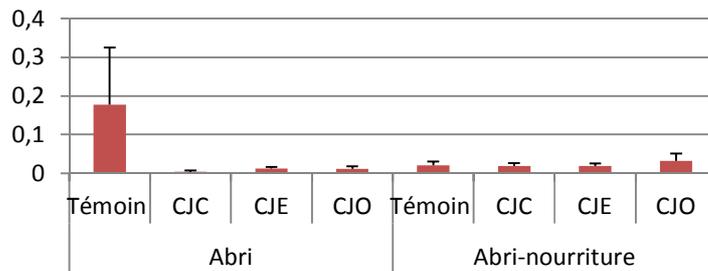


Figure (Annexe) 3. Densité de plantules, de semis et de gaules selon le milieu de lumière après la coupe par bande.

**Densité de plantule/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe de jardinage**



**Densité de semis/m<sup>2</sup> selon le milieu de lumière pour la coupe de jardinage**



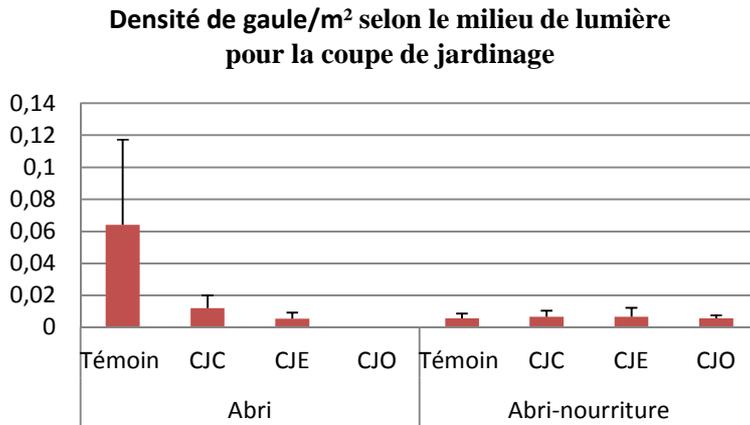
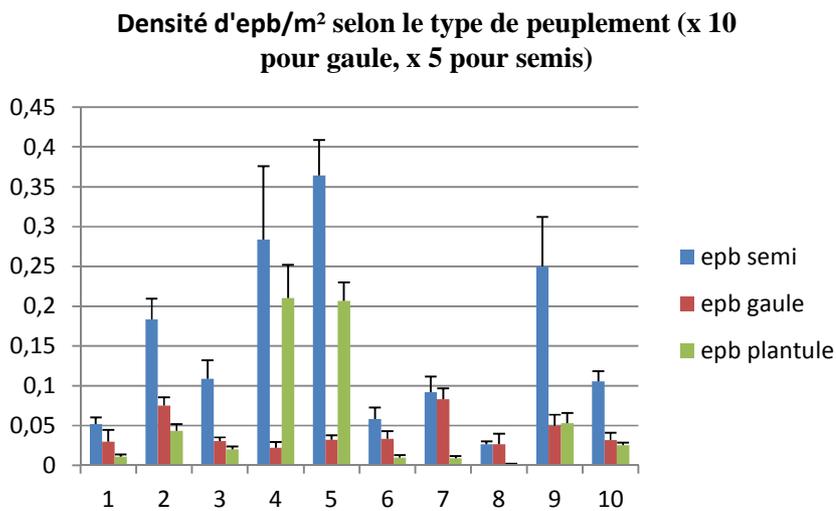
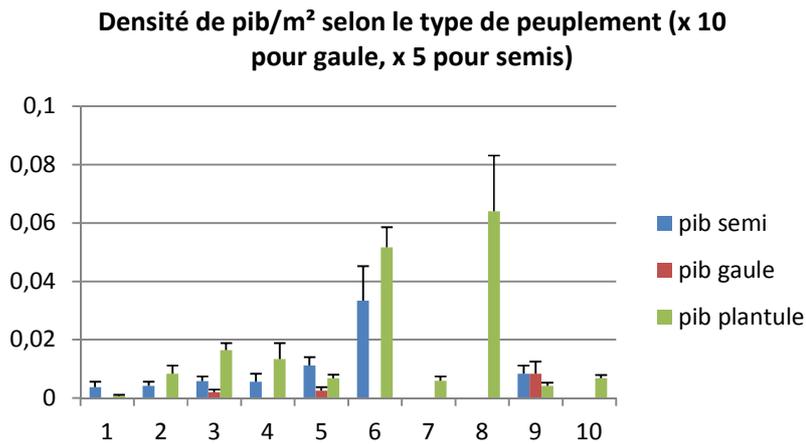
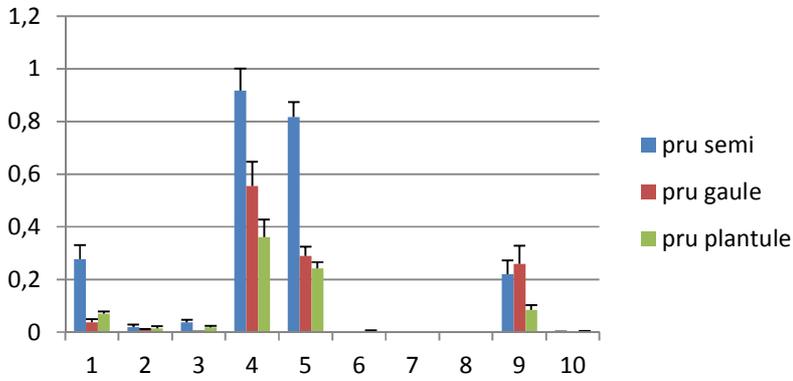


Figure (Annexe) 4. Densité de plantules, de semis et de gaules selon le milieu de lumière après la coupe de jardinage.

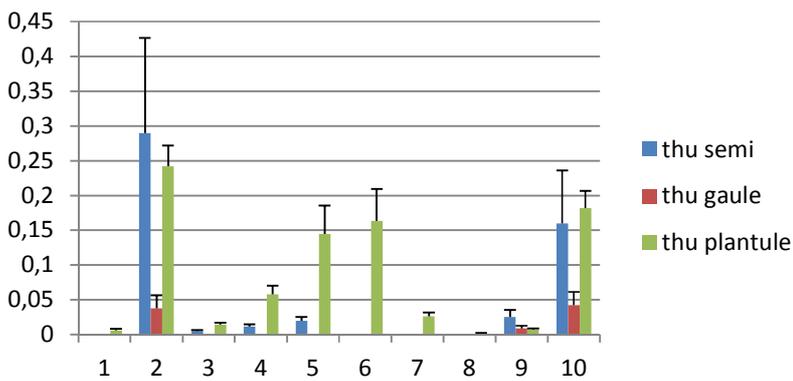
**D) La densité par essences selon les types de peuplements**



**Densité de pruche/m<sup>2</sup> selon le type de peuplement (x 10 pour gaule, x 5 pour semis)**



**Densité de thuya/m<sup>2</sup> selon le type de peuplement (x 10 pour gaule, x 5 pour semis)**



**Densité de sapin/m<sup>2</sup> selon le type de peuplement (x 10 pour gaule, x 5 pour semis)**

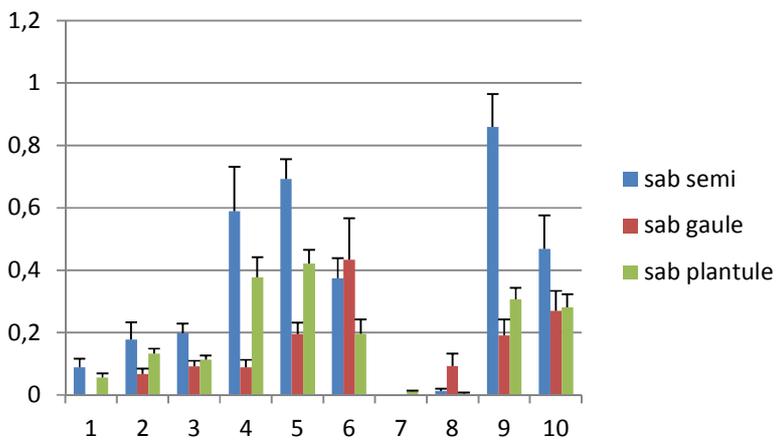


Figure (Annexe) 5. Densité de plantule, de semis et de gaule des différentes essences en fonctions des différents types de peuplements.

**E) La densité et densité par essences selon les classes de surface terrière**

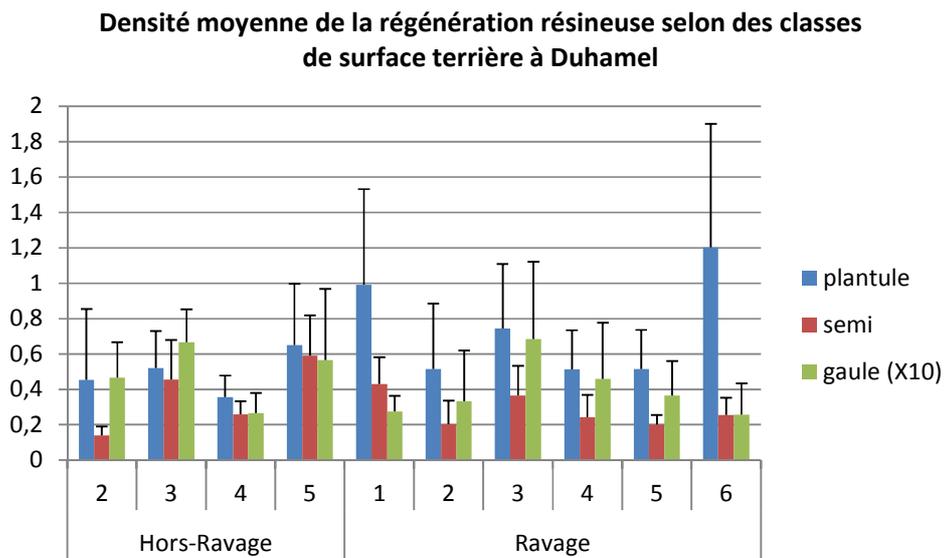
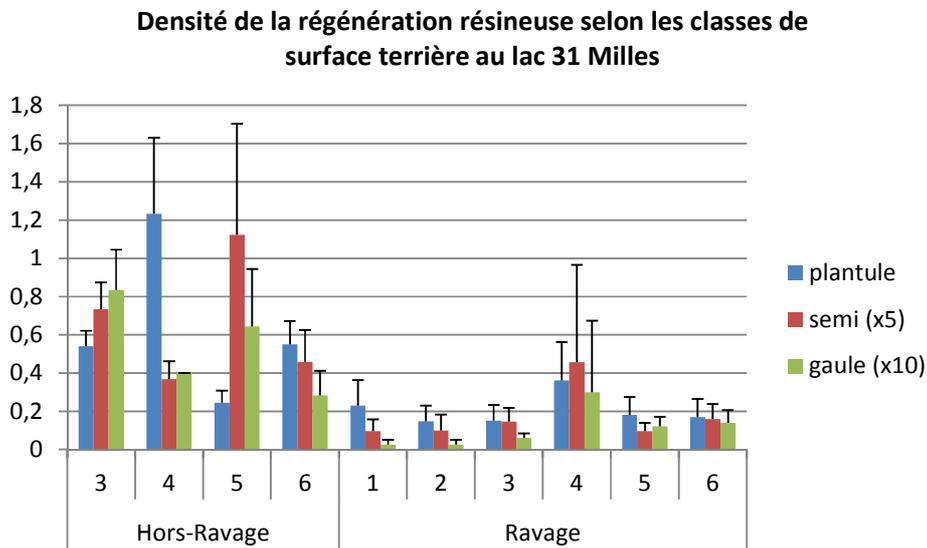
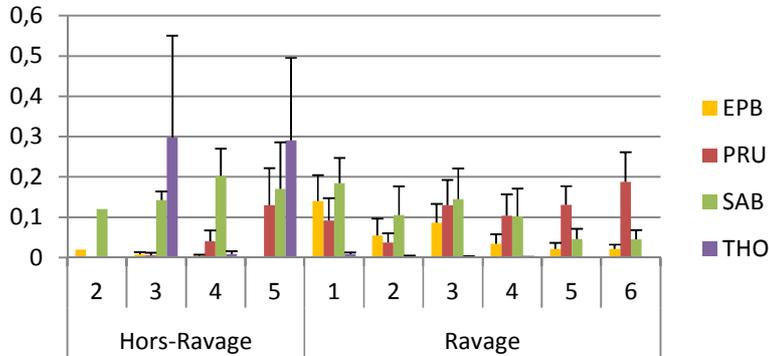


Figure (Annexe) 6. La densité moyenne de la régénération en plantule, semis et gaules selon les classes de surfaces terrières (décrite au tableau (Annexe) 3).

**Densité de semis des essences résineuses selon les classes de surface terrière à Duhamel**



**Densité de semis des essences résineuses selon la classe de surface terrière au lac 31 Milles**

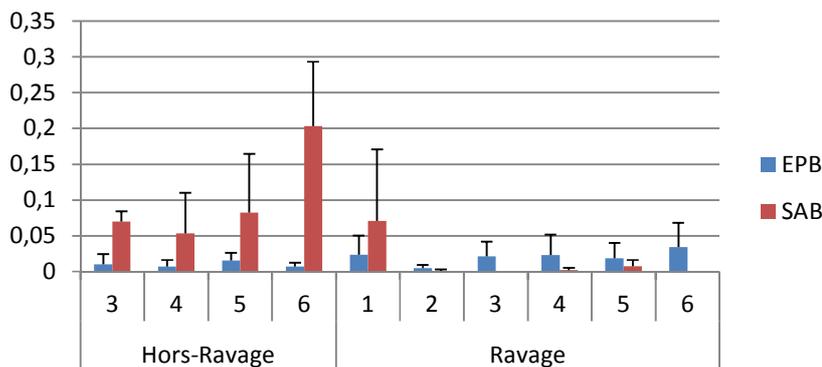


Figure (Annexe) 7. Densité moyenne de semis par essences selon les classes de surface terrière.

Tableau (Annexe) 3. Division équivalente des placettes pour les deux ravages en 6 classes de surface terrière, ainsi que la surface terrière moyenne associée avec ces classes. Les témoins hors-ravage ont aussi été assignés aux classes de surface terrière déterminées précédemment.

|                       | Duhamel        | S.T. moyenne | n  | 31-Miles       | S.T. moyenne | n  |
|-----------------------|----------------|--------------|----|----------------|--------------|----|
| Hors-Ravage           | 2              | 18,0         | 1  | 3              | 21,7         | 2  |
|                       | 3              | 20,9         | 3  | 4              | 27,3         | 2  |
|                       | 4              | 25,9         | 5  | 5              | 32,7         | 3  |
|                       | 5              | 29,7         | 2  | 6              | 43,8         | 4  |
|                       | <b>Moyenne</b> | <b>24,5</b>  |    | <b>Moyenne</b> | <b>33,8</b>  |    |
| Ravage                | 1              | 9,2          | 9  | 1              | 9,8          | 10 |
|                       | 2              | 17,6         | 10 | 2              | 17,0         | 10 |
|                       | 3              | 21,3         | 9  | 3              | 22,4         | 10 |
|                       | 4              | 26,3         | 9  | 4              | 25,8         | 10 |
|                       | 5              | 30,8         | 10 | 5              | 32,1         | 10 |
|                       | 6              | 36,8         | 9  | 6              | 43,0         | 9  |
|                       | <b>Moyenne</b> | <b>23,1</b>  |    | <b>Moyenne</b> | <b>24,7</b>  |    |
| <b>Moyenne totale</b> |                | <b>23,3</b>  |    |                | <b>26,1</b>  |    |

**F) Hauteur et hauteur/diamètre au collet par essence des semis morts**

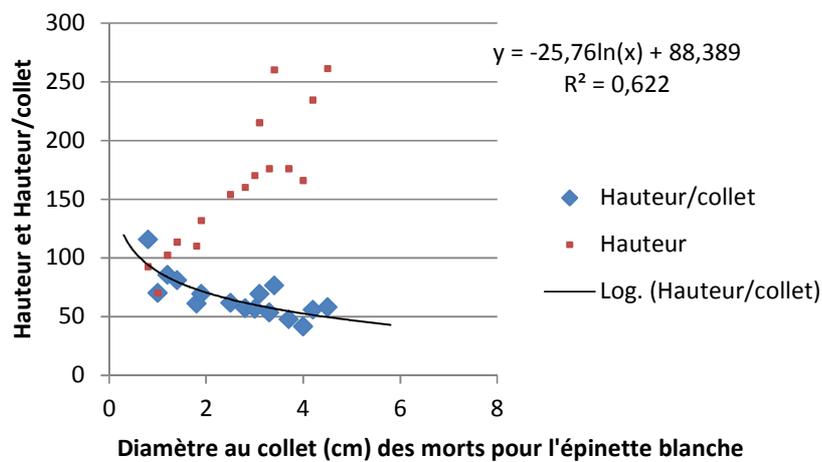
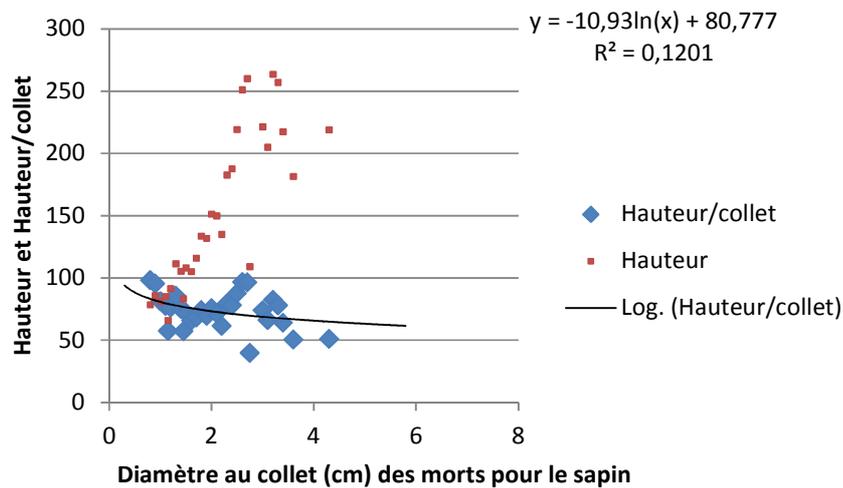
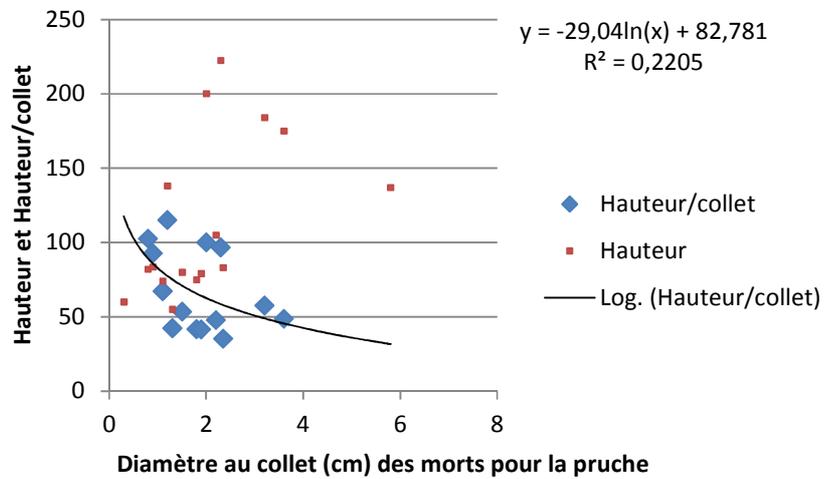


Figure (Annexe) 8. Corrélation entre la hauteur et l'indice de hauteur/diamètre au collet selon le diamètre au collet pour les semis d'épinette, de prunelle et de sapin morts.)