

Évaluation des composantes d'habitat dans les ravages de Cerf de Virginie du Bas-Saint-Laurent en fonction du modèle de qualité de l'habitat



Crédit photo : CRDBSL

Rapport final
N/Réf : 6-6480-0328



**COLLECTIF RÉGIONAL
DE DÉVELOPPEMENT
DU BAS-SAINT-LAURENT**



TGIRT
BAS-SAINT-LAURENT
TABLE DE GESTION INTÉGRÉE
DES RESSOURCES ET DU TERRITOIRE

Rédaction et analyses :

Franceschini Tony, ing. f., PhD, Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

Roussel-Garneau Élise, biol., DGFa Bas-Saint-Laurent, ministère de l'Environnement, de la Lutte aux Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs

Gagné Laurent, biol., M. Sc. F., Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

Contributions financières :

Fondation de la faune du Québec

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent (Programme d'Aménagement Durable des Forêts)

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Lecteurs externes :

Manon Perreault, biol., ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction de la gestion des forêts

Luc Gagnon, ing.f., ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction de la gestion des forêts

Mise en page et correction linguistique :

Pauline Solomon, Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

Prise de données :

Groupement forestier Métis-Neigette inc.

Groupe Nyctale

Citation complète :

Franceschini T., Roussel-Garneau E., Gagné L. 2023. Évaluation des composantes d'habitat dans les ravages de Cerf de Virginie du Bas-Saint-Laurent en fonction du modèle de qualité de l'habitat. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. 56 p.

Les résultats de cette étude ont été présentés aux membres des tables de gestion intégrée des ressources et du territoire du Bas-Saint-Laurent le mercredi 1^{er} février 2023. Le présent document est disponible sur le site internet des tables de gestion intégrée des ressources et du territoire du Bas-Saint-Laurent : <https://tgirt.crdbsl.org/>.

ISBN : 978-2-9818071-5-1

Table des matières

Table des matières	3
Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
Résumé 6	
1. Introduction	7
2. Matériels et Méthodes	9
2.1. Zone d'étude	9
2.2. Prise de données	10
2.3. Évaluation du brout	10
2.4. Analyses statistiques.....	11
3. Résultats	14
3.1 Résumé des données	14
3.2 Production de ramilles par essence	17
3.3 Utilisation des essences	21
3.4 Importance des essences	25
3.5 Classes d'âge, classes de densité et classes de hauteur des peuplements.....	28
3.6 Modélisation par régression multinomiale du MQH	32
4. Interprétations et discussion	36
4.1 Des compositions en essences, des disponibilités et des caractéristiques de brout différentes d'un ravage à l'autre	36
4.2 Une occupation des peuplements contradictoire avec le MQH	41
5. Conclusions	43
6. Bibliographie	44
Annexe 1 : Classification des peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par le cerf de Virginie (Adapté de Hébert et al. 2013)	46
Annexe 2 : Liste des essences échantillonnées dans l'étude (Huot 1972, 1973)	47
Annexe 3 : Description des régressions multinomiales	48
Annexe 4 : Quelques éléments de compréhension statistiques	55

Liste des figures

Figure 1: Localisation de la zone d'étude et des placettes échantillonnées	9
Figure 2 : Nombre de ramilles par hectare pour chaque essence. Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.....	11
Figure 3 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	17
Figure 4 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	18
Figure 5 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	19
Figure 6 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	20
Figure 7 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	21
Figure 8 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	22
Figure 9 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	23
Figure 10 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	24
Figure 11 : Importance (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	25
Figure 12 : Importance (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	26
Figure 13 : Importance (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	27
Figure 14 : Importance (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des composantes d'habitat pour les ravages étudiés	9
Tableau 2 : Nombre d'observations pour chaque essence avant et après le regroupement d'espèces ...	12
Tableau 3: Description sommaire des données dans le ravage Duchénier	15
Tableau 4: Description sommaire des données dans le ravage Témiscouata.....	15
Tableau 5: Description sommaire des données dans le ravage Biencourt	16
Tableau 6: Description sommaire des données dans le ravage Pain de Sucre	16
Tableau 7 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements d'abri.....	29
Tableau 8 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir.....	29
Tableau 9 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture	29
Tableau 10 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri	30
Tableau 11 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements d'abri	30
Tableau 12 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir.....	31
Tableau 13 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture	31
Tableau 14 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri	31
Tableau 15 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements d'abri	32
Tableau 16 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir.....	32
Tableau 17 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture	32
Tableau 18 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri	32
Tableau 19 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale sur l'ensemble des données	33
Tableau 20 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Duchénier	33
Tableau 21 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Témiscouata	34
Tableau 22 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Biencourt .	34
Tableau 23 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Pain de Sucre	35

Résumé

Le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) est une espèce chassée d'importance dans la région du Bas-Saint-Laurent. La survie de cette espèce dans la région dépend de la qualité de son habitat, particulièrement en période hivernale. L'habitat du cerf de Virginie est idéal lorsque des conditions d'abri et de nourriture sont présentes et entremêlées. La juxtaposition de ces habitats forme des ravages reconnus légalement comme des aires de confinement du cerf de Virginie. Un modèle de qualité de l'habitat (MQH) a été construit au début des années 2000 pour qualifier les peuplements forestiers à l'aide de leurs caractéristiques dendrométriques. L'objectif de cette étude est d'abord de caractériser les composantes d'habitat et de vérifier l'occupation des ravages par le cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent à l'aide d'un inventaire de brouet et de les comparer avec les résultats du MQH. Plus précisément, le projet vise à estimer, selon les différentes classes d'habitat (i) la production de brouet et (ii) la consommation hivernale par le cerf de Virginie.

Des placettes permanentes de 4 m² dans toutes les catégories d'habitat (nourriture, abri, abri-nourriture et abri en devenir) ont été installées dans quatre ravages du cerf de Virginie de l'unité d'aménagement 011-71 du Bas-Saint-Laurent. Au total, 2088 placettes ont été échantillonnées, incluant 835 peuplements d'abri, 425 peuplements de nourriture, 290 en peuplements d'abri en devenir et 538 en peuplement de nourriture-abri. Un inventaire complet de brouet a été réalisé dans chaque placette.

Les résultats du projet permettent de constater des différences entre les ravages et entre les types d'habitats fournis par le MQH. Le projet montre que la fréquentation des types de peuplement fournis par le MQH par le cerf de Virginie est différente de la vision théorique des composantes d'habitat. Ces divergences peuvent s'expliquer par divers facteurs non exclusifs comme la compétition avec l'orignal, la présence d'essences favorables, l'aménagement antérieur, la présence effective du cerf de Virginie ou d'autres facteurs inconnus. En effet, avec les données d'inventaire de brouet, plusieurs peuplements d'abri comportent des caractéristiques de nourriture ou de nourriture-abri. De plus, il semblerait également que le cerf de Virginie n'occupe pas les ravages de manière régulière et constante. Des indices tendent à laisser penser que le cerf de Virginie souffre de compétition avec l'orignal dans certains ravages. Enfin, il est possible de conclure que lorsque les travaux d'aménagements des ravages sont réalisés, le MQH est plus susceptible d'être un indicateur pertinent de l'occupation des ravages par le cerf de Virginie.

Une poursuite de cette étude en prenant en compte plus spécifiquement les données dendrométriques des peuplements et les interventions sylvicoles ayant eu lieu est envisagé. Cela permettrait de valider le MQH, voire de proposer des ajustements dans sa calibration.

1. Introduction

Le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) est une espèce chassée d'importance dans la région du Bas-Saint-Laurent (BSL). Ce grand gibier est situé à la limite nord de son aire de répartition dans le BSL. Ainsi, le taux de mortalité hivernale de la population de cerf de Virginie du BSL peut atteindre 40 % lors d'hivers très rigoureux (Potvin et Breton 1992). Les dernières années ont été marquées par de tels hivers, ce qui a affecté le cheptel de cerfs de Virginie. En effet, la récolte de cerfs mâles adultes dans la zone de chasse 2 (Ouest et Est) du Bas-Saint-Laurent a baissé de 40 % entre 2002 et 2019 (Communication personnelle, MELCCFP). De plus, les inventaires aériens d'habitat du cerf de Virginie réalisés au cours des dernières années confirment la baisse des populations, ce qui se reflète sur la récolte. Ces inventaires ont également permis d'observer un déplacement des cerfs de Virginie à l'extérieur des ravages historiques (Communication personnelle, Élise Roussel-Garneau).

En été, les individus se déplacent soit seuls, soit en petits groupes. En hiver, le cerf de Virginie se regroupe dans un habitat adéquat nommé *ravage*, qui permet à la fois de s'abriter de la neige et de se nourrir. De plus, le comportement du cerf de Virginie est philopatrick. Cela signifie que les cerfs de Virginie reviennent chaque année dans le même ravage et que la femelle apprend à ses faons à y revenir (Lesage et al. 2011). C'est pourquoi leurs habitats hivernaux doivent demeurer constamment de qualité. Ces zones de regroupement sont reconnues légalement par le ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et sont appelées les aires de confinement du cerf de Virginie (ACCV) (Hébert et al. 2013). Plus précisément, la survie du cerf de Virginie est influencée par deux éléments constitutifs d'un ravage : des zones de nourriture et des zones d'abri de qualité.

Tout d'abord, le ravage doit pourvoir à la nourriture par la production d'une quantité suffisante de brout. La majorité des essences peuvent être consommées (Champagne et al. 2018). Toutefois, le cerf de Virginie favorisera les ramilles des tiges d'essences feuillues de la strate arbustive et les ramilles de thuya occidental, qui présentent une meilleure sapidité et un apport énergétique plus élevé. Par ailleurs, les cerfs de Virginie seront moins sélectifs si l'accessibilité à la nourriture diminue – e.g. en cas de fort enneigement ou forte compétition pour la nourriture (Dumont et al. 2011).

Ensuite, les ravages doivent être constitués de zones d'abri permettant au cerf de Virginie de se déplacer en minimisant les efforts, notamment en hiver où la couverture neigeuse peut être un élément limitant la survie. Au-delà de 50 cm de couverture neigeuse, il a été montré que la dépense énergétique de déplacement augmente fortement, ainsi que le risque de mortalité (Mattfeld 1973). Ainsi, les peuplements avec un couvert forestier dense seront des zones d'abri intéressantes pour le cerf de Virginie. Les peuplements résineux et mélangés d'une hauteur supérieure à 10 m possèdent également les propriétés adéquates.

Sur l'ensemble du ravage, la survie du cerf de Virginie sera favorisée par un entremêlement des zones d'abri et de nourriture. Ainsi, il a été montré que le broutement des cervidés est plus intense en bordure de coupe forestière même si l'enneigement est élevé (Potvin et Morasse 1988). L'habitat sera optimal si la fermeture du couvert résineux est comprise entre 50 et 80 % et si le peuplement est mélangé

(Hébert et al. 2013). Ces conditions correspondent à un habitat où les zones d’abri et de nourriture s’entremêlent à une échelle fine.

Pour déterminer la qualité des peuplements forestiers en termes d’habitat pour le cerf de Virginie, le ministère de la Faune et des Parcs (MFFP) a développé au début des années 2000 un modèle de qualité de l’habitat (MQH) à l’aide des caractéristiques dendrométriques du peuplement telles que la composition en essence, la densité du peuplement, la hauteur du peuplement et la classe d’âge (Massé et al. 2012). Ce modèle permet de classer les peuplements en « Abri », « Nourriture », « Nourriture-abri » ou « Peu utilisé » (Annexe 1). Jusqu’à sa mise au point, la qualité de l’habitat était estimée manuellement à l’aide de données terrain par les techniciens ainsi que par les biologistes, en fonction des connaissances du ravage. Depuis, l’utilisation du MQH dans les ravages du Bas-Saint-Laurent a facilité la caractérisation des habitats, ce qui a permis de constater un déficit en abri. En conséquence, les plans d’aménagement mis en place depuis plus de 30 ans ont mis l’accent vers des traitements permettant d’augmenter la proportion de peuplements d’abri (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018a, 2018b). Toutefois, la cartographie du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional semble suggérer que la cible de peuplements d’abri a été dépassée dans les ravages à l’étude. Il apparaîtrait que les peuplements de nourriture seraient maintenant déficitaires et que l’équilibre entre les diverses composantes d’habitat nécessaires à la survie du cerf de Virginie ne soit pas atteint.

L’objectif du projet est de caractériser de manière détaillée l’occupation des ravages du cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent et les comparer avec les résultats du MQH. Plus précisément, le projet vise à estimer, selon les différentes classes d’habitat, (i) la production de brouet et (ii) la consommation hivernale par le cerf de Virginie. L’hypothèse posée est que les caractéristiques de brouets seront concordantes avec les classements des peuplements selon le MQH. Cela signifie que les peuplements de nourriture seront caractérisés par une présence de brouet élevée dans les essences les plus appétentes pour le cerf de Virginie, tandis que les peuplements d’abri présenteront une faible présence de brouetement.

2. Matériels et Méthodes

L'aire d'étude couvre une superficie totale de 22 835 ha et est localisée sur territoire forestier public du Bas-Saint-Laurent. L'aire d'étude englobe quatre aires de confinement de cerf de Virginie (Duchénier, Témiscouata, Biencourt et Pain de Sucre) situées dans l'unité d'aménagement (UA) 011-71 (*Figure 1*).

2.1. Zone d'étude

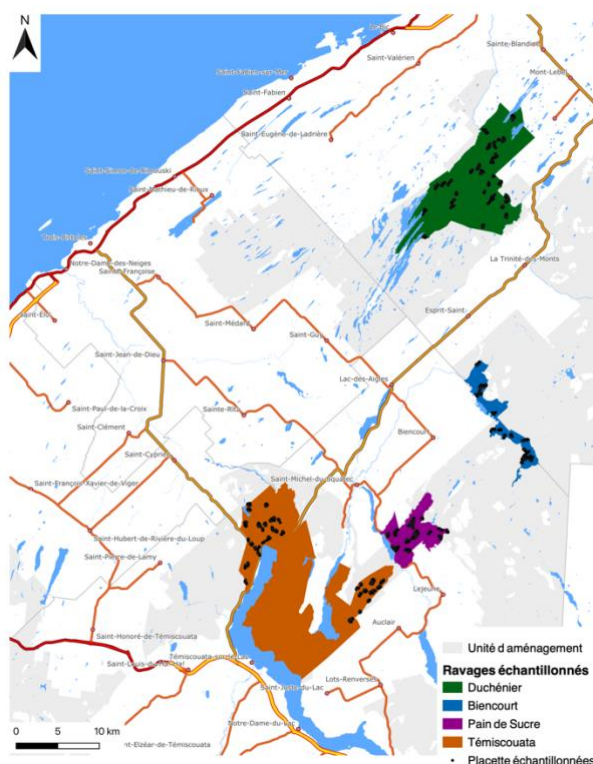


Figure 1: Localisation de la zone d'étude et des placettes échantillonnées

La première étape a été de caractériser les ravages selon les catégories d'habitat du cerf de Virginie issues des MQH : abri, nourriture, nourriture-abri et peu utilisé (Massé et al. 2012). La direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent a conçu un ajout à l'outil du MQH provincial afin de préciser dans la composante nourriture-abri des peuplements qui s'apparentent à de l'abri en devenir. La description de cette composante d'habitat est donnée en *Annexe 1* et la répartition des composantes d'habitat par ravage est donnée dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Répartition des composantes d'habitat pour les ravages étudiés

Ravage	Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	Peu utilisé
Duchénier	68 %	5 %	7 %	13 %	7 %
Témiscouata	31 %	6 %	6 %	30 %	28 %
Biencourt	46 %	16 %	9 %	15 %	13 %
Pain de Sucre	52 %	9 %	2 %	25 %	12 %
Moyenne	43 %	7 %	7 %	23 %	20 %

À partir des quatre catégories d'habitat utilisé par le cerf de Virginie issues des MQH, soient abri, abri en devenir, nourriture et nourriture-abri, un dispositif de placettes permanentes aléatoires (qui seront suivies dans le temps) a été établi en considérant des peuplements choisis aléatoirement dans chaque ravage et composante d'habitat. L'intensité d'échantillonnage du peuplement est établie de manière proportionnelle à la superficie des différentes composantes d'habitat étudiées.

2.2. Prise de données

Pour chaque peuplement, de 8 à 48 placettes de 1,13 mètres de rayon (4 m²) ont été déterminées en fonction d'une grille d'inventaire systématique de 50 m. Un inventaire de brouit sur des tiges comprises entre 50 cm et 3 m de hauteur a été réalisé dans chaque placette de 1,13 mètres de rayon (4 m²). Ainsi, les ramilles brouitées par les cervidés, les ramilles non brouitées, mutilées et tuées pour chaque essence commerciale et non commerciale possédant un intérêt pour le cerf de Virginie (*Annexe 2*) ont été dénombrées sur chaque tige présente dans la placette. La présence ou non de rejet de souche est également reportée. Il est à noter que, pour des raisons logistiques et opérationnelles, le sapin baumier n'a pas été reporté dans les peuplements d'abri et de nourriture en 2021 dans les ravages Duchénier et Biencourt.

En 2021, 1106 placettes ont été échantillonnées, incluant 835 peuplements d'abri et 271 peuplements de nourriture. En 2022, 982 placettes ont été échantillonnées, dont 290 en peuplements d'abri en devenir, 538 en peuplement de nourriture-abri et 154 en nourriture. Il est à noter que seul un peuplement de nourriture-abri a pu être échantillonné dans le ravage Biencourt, en raison de difficulté d'accès. Ainsi, les résultats concernant ce type de peuplement ne peuvent pas être considérés significatifs.

2.3. Évaluation du brouit

La méthode de Potvin (1995) a été utilisée pour caractériser le brouit dans les placettes. Ainsi, il a été possible d'obtenir pour chaque placette et chaque essence le nombre de tiges par hectare, le nombre de ramilles par hectare (*Figure 2*), la proportion de tiges brouitées, mutilées et tuées, et la proportion de ramilles brouitées par les cervidés.

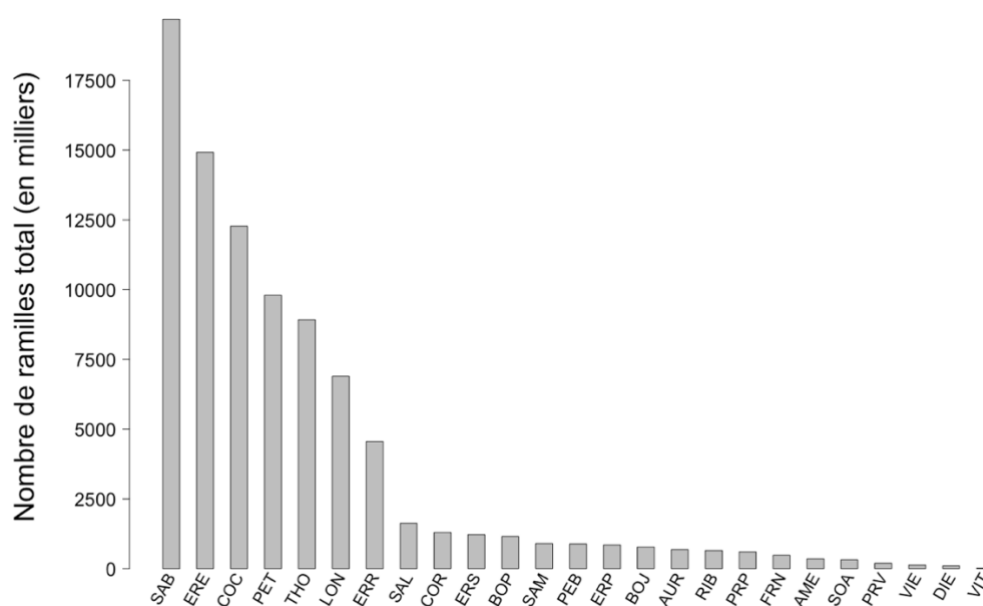


Figure 2 : Nombre de ramilles par hectare pour chaque essence. Le code essence utilisé est décrit en *Annexe 2*.

À l'aide de ces données, il a été possible de calculer la production en ramilles de chaque essence ; cette donnée renseigne sur la proportion de ramilles pour chaque essence, rapportée au nombre total de ramilles. L'utilisation de chaque essence peut être calculée en rapportant le nombre de ramilles broutées par une essence au nombre total de ramilles (broutées et non broutées) de l'essence. Enfin, l'importance permet d'évaluer la proportion de ramilles broutées par une essence relativement aux ramilles broutées, toutes essences confondues. Les formules suivantes ont été utilisées pour calculer ces données (tirées de Potvin 1995) :

$$[1] \quad \text{Production (\%)} = \frac{NB \text{ ramilles}_{essence}}{NB \text{ ramilles}_{total}} \cdot 100$$

$$[2] \quad \text{Utilisation (\%)} = \frac{NB \text{ ramilles broutées}_{essence}}{NB \text{ ramilles}_{essence}} \cdot 100$$

$$[3] \quad \text{Importance (\%)} = \frac{NB \text{ ramilles broutées}_{essence}}{NB \text{ ramilles broutées}_{total}} \cdot 100$$

2.4. Analyses statistiques

Une approche descriptive est utilisée pour représenter la production de brout selon le ravage étudié. Les moyennes et écarts-types sont calculés par ravage et par type d'habitat. Puis, pour chaque ravage et chaque type d'habitat, le nombre de ramilles est évalué pour chaque essence. Cela permet de décrire la production, l'importance et l'utilisation de chaque essence pour chaque combinaison de ravage et type d'habitat. Ceci donne un portrait descriptif complet des caractéristiques du brout dans la zone d'étude.

Il sera ensuite déterminé si le MQH issu des données dendrométriques correspond à une fréquentation effective des peuplements par le cerf de Virginie (p. ex. brout plus élevé des essences appétentes dans les peuplements de nourriture) à l'aide de régressions logistiques multinomiales. Ces régressions permettent de prédire une variable à expliquer qualitative comportant plus de deux modalités à l'aide de variables explicatives quantitatives. Dans le cas présent, la variable à expliquer est le MQH qui comporte quatre modalités : « abri », « abri en devenir », « nourriture » et « nourriture-abri ». Les variables explicatives quantitatives correspondent à la production de ramilles d'une essence donnée, l'utilisation par les cervidés d'une essence donnée et l'importance du brout d'une essence donnée. Afin d'éviter des catégories d'espèce avec peu d'occurrences dans les placettes et donc de leur donner un poids disproportionné, des regroupements d'espèces ont été réalisés en considérant la famille botanique et la taille de l'espèce. Ces regroupements d'essences sont reportés dans le *Tableau 2*.

Tableau 2 : Nombre d'observations pour chaque essence avant et après le regroupement d'espèces

Espèces avant regroupement	Nombre avant regroupement	Espèces après regroupement (codes espèces)	Nombre après regroupement
Espèces arborescentes			
Bouleau à papier	65	Bouleaux (BOU)	94
Bouleau jaune	29		
Érable à sucre	86	Érables arborescents (ER)	488
Érable rouge	402		
Peuplier baumier	125	Peupliers (PEU)	826
Peuplier faux-tremble	701		
Aulne rugueux	16	Feuillus divers (FD)	170
Saules	88		
Frêne noir	66		
Sapin baumier	802	Sapin baumier (SAB)	802
Thuya occidental	455	Thuya occidental (THO)	455
Espèces de sous-étage			
Amélanchier	26	Rosacées arbustives (ROS)	59
Sorbier d'Amérique	33		
Cornouiller stolonifère	117	Rosacées buissonnantes (ros)	194
Gadelier	77		
Cerisier de Pennsylvanie	49	Cerisiers (PRU)	68
Cerisier de Virginie	19		
Érable argenté	1	Érables arbustifs (er)	1546
Érable à épis	1428		
Érable de Pennsylvanie	117		
Chèvrefeuille	529	Caprifoliacées (CAP)	558
Dierville chèvrefeuille	12		
Viornes	17		
Noisetier	850	Noisetier (COC)	850
Sureau	107	Sureau (SUR)	107

En conséquence, le modèle de régression possède 42 variables explicatives s'écrit de manière complète de la façon suivante :

$$MQH_{placette} = f \left(\sum_{esp} Production_{esp_{placette}} + \sum_{esp} Utilisation_{esp_{placette}} + \sum_{esp} Importance_{esp_{placette}} \right)$$

Il est à noter que les régressions logistiques multinomiales considèrent une des catégories de la variable à expliquer comme étant la référence. Dans notre cas, la référence sera constituée par le MQH correspondant à « l'abri ». Les régressions logistiques multinomiales résultent également en l'estimation de rapports de cotes (odd-ratio) qui permettent de comparer l'effet de chaque variable explicative dans un MQH comparativement à « l'abri ». Afin d'identifier les différences entre l'abri et les autres composantes d'habitat, des logarithmes des rapports de cote (logRC) peuvent être utilisés (Annexe 3). Toutefois, un grand intérêt des régressions logistiques multinomiales est de construire des matrices de confusion qui permettent de confronter les prédictions du modèle multinomial avec les observations. Pour chaque modèle, un taux de précision est ainsi

calculé, permettant de déterminer une performance du modèle. Un total de cinq modèles a été construit de cette manière : un modèle pour l'ensemble des ravages et un modèle pour chaque ravage.

Pour effectuer ces analyses statistiques, le logiciel d'analyse statistique R version 4.0.3 pour Mac sera utilisé. Les régressions logistiques multinomiales ont été réalisées à l'aide de la fonction *multinom* du package « nnet ». Les logRC des modèles ont été extraits à l'aide de la fonction *odd.ratio* du package « questionr ».

3. Résultats

3.1 Résumé des données

Les données récoltées en 2021 et 2022 montrent des différences marquées entre les ravages et entre les types d'habitats (**Tableaux 3 à 6**). De manière générale, le nombre de tiges par hectare et la production de ramilles par hectare sont plus élevés dans les peuplements de nourriture et de nourriture-abri comparativement aux peuplements d'abri et d'abri en devenir. Il est toutefois à noter que le ravage de Pain de Sucre présente des nombres de tiges et de ramilles par hectare plus faibles dans les peuplements de nourriture-abri que dans les peuplements d'abri et d'abri en devenir.

Le nombre de ramilles broutées par les cervidés est significativement plus élevé dans les peuplements de nourriture et de nourriture-abri ($> 30\ 000$ ramilles.ha⁻¹) que dans l'abri et l'abri en devenir pour le ravage de Duchénier ($< 10\ 000$ ramilles.ha⁻¹). De même, dans ce ravage, la proportion de ramilles broutées par les cervidés ($> 30\ %$) ainsi que l'utilisation globale des ramilles ($> 30\ %$) sont les plus élevées dans les peuplements de nourriture et de nourriture-abri. Les peuplements d'abri et d'abri en devenir montrent des proportions de ramilles broutées par les cervidés ($< 20\ %$) et des utilisations globales de ramilles ($\leq 20\ %$) plus faibles.

Dans le ravage Témiscouata, il n'y a pas de différences significatives quant aux nombres, proportion et utilisation des ramilles entre les peuplements. Toutefois, il est observé que les ramilles broutées par les cervidés ($4\ 360$ ramilles.ha⁻¹), la proportion de ramilles broutées par les cervidés ($10\ %$) sont les plus élevées dans les peuplements d'abri. Dans les autres types de peuplements, le nombre de ramilles broutées par les cervidés est inférieure à $2\ 000$ ramilles.ha⁻¹ et la proportion de ramilles broutées par les cervidés est inférieure à $5\ %$. L'utilisation globale des ramilles est toutefois plus élevée dans les peuplements d'abri et d'abri en devenir ($\geq 15\ %$) comparativement aux peuplements de nourriture et de nourriture-abri ($< 10\ %$).

Dans le ravage Biencourt, le nombre de ramilles broutées par les cervidés est le plus élevé dans les peuplements de nourriture ($14\ 000$ ramilles.ha⁻¹) et d'abri en devenir ($16\ 100$ ramilles.ha⁻¹) comparativement aux peuplements d'abri ($< 10\ 000$ ramilles.ha⁻¹). Les résultats concernant les peuplements de nourriture-abri ne sont pas présentés car seul un peuplement n'a pu être échantillonné. La proportion de ramilles broutées par les cervidés ($> 40\ %$) et l'utilisation des ramilles ($> 50\ %$) sont les plus élevées dans les peuplements d'abri en devenir. Dans les peuplements d'abri et de nourriture, la proportion de ramilles broutées par les cervidés est inférieure à $25\ %$ et l'utilisation globale des ramilles est inférieure à $30\ %$.

Enfin, dans le ravage Pain de Sucre, le nombre de ramilles broutées par les cervidés ($> 5\ 000$ ramilles.ha⁻¹), la proportion de ramilles broutées par les cervidés ($> 10\ %$) et l'utilisation des ramilles ($> 15\ %$) sont les plus élevées dans les peuplements d'abri et de nourriture-abri. Par ailleurs, dans les peuplements de nourriture et d'abri en devenir, le nombre de ramilles broutées par les cervidés est inférieure à $3\ 000$ ramilles.ha⁻¹, la proportion de ramilles broutées par les cervidés est inférieure à $5\ %$ et l'utilisation globale est inférieure à $15\ %$. Il est toutefois à noter que, dans ce ravage, les peuplements ne présentent pas de différences significatives au regard de toutes ces variables.

Tableau 3: Description sommaire des données dans le ravage Duchénier

MQH	Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri
Nombre de placettes	404	96	78	100
Nombre de peuplements	23	3	5	4
Nombre de tiges par hectare moyen par placette	8 470 (7 660) ^a	8 910 (6 940) ^a	22 800 (17 200) ^b	16 400 (13 200) ^b
Nombre de ramilles moyen par hectare par placette	31 100 (37 900) ^a	44 600 (42 800) ^c	77 700 (58 500) ^b	87 700 (82 600) ^b
Nombre de ramilles broutées par les cervidés par hectare par placette	3 300 (6 520) ^a	7 000 (14 000) ^a	31 700 (38 600) ^b	32 800 (47 700) ^b
Proportion (%) moyenne de ramilles broutées par les cervidés par placette	16.9 (28.1) ^a	13.8 (23.3) ^a	42.3 (33.8) ^b	33.2 (30.2) ^b
Utilisation (%)	20.2 (32.0) ^a	17.0 (28.8) ^a	37.3 (36.5) ^b	36.7 (36.0) ^b

Note 1 : les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts-types.

Note 2 : Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre chaque type de peuplement pour chaque variable

Tableau 4: Description sommaire des données dans le ravage Témiscouata

MQH	Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri
Nombre de placettes	143	50	106	214
Nombre de peuplements	8	3	8	8
Nombre de tiges par hectare moyen par placette	9 590 (7 460) ^a	6 580 (5 080) ^a	10 800 (9 100) ^a	11 000 (9 100) ^a
Nombre de ramilles moyen par hectare par placette	59 100 (50 200) ^a	46 700 (72 300) ^{ac}	61 700 (59 600) ^a	75 300 (63 000) ^{ab}
Nombre de ramilles broutées par les cervidés par hectare par placette	4 360 (11 100) ^a	900 (5 030) ^a	1 600 (4 610) ^a	1 780 (6 370) ^a
Proportion (%) moyenne de ramilles broutées par les cervidés par placette	10.0 (19.4) ^a	2.44 (7.13) ^a	3.64 (8.30) ^a	4.55 (12.2) ^a
Utilisation (%)	14.7 (26.8) ^a	16.7 (33.1) ^a	8.0 (19.5) ^a	9.89 (21.1) ^a

Note 1 : les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts-types.

Note 2 : Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre chaque type de peuplement pour chaque variable

Tableau 5: Description sommaire des données dans le ravage Biencourt

MQH	Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri
Nombre de placettes	117	86	142	30
Nombre de peuplements	7	3	5	1
Nombre de tiges par hectare moyen par placette	9 210 (9 860) ^a	8 840 (8 000) ^a	13 600 (13 400) ^b	n.s.
Nombre de ramilles moyen par hectare par placette	42 500 (47 400) ^a	38 800 (42 700) ^b	84 700 (118 000) ^a	n.s.
Nombre de ramilles broutées par les cervidés par hectare par placette	4 900 (13 700) ^a	16 100 (26 900) ^b	14 000 (28 400) ^b	n.s.
Proportion (%) moyenne de ramilles broutées par les cervidés par placette	13.6 (27.4) ^a	43.4 (40.2) ^b	24.6 (29.1) ^b	n.s.
Utilisation (%)	19.2 (31.6) ^a	51.9 (40.0) ^b	25.4 (33.0) ^a	n.s.

Note 1 : les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts-types.

Note 2 : Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre chaque type de peuplement pour chaque variable. n.s. : non significatif.

Tableau 6: Description sommaire des données dans le ravage Pain de Sucre

MQH	Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri
Nombre de placettes	171	57	99	129
Nombre de peuplements	8	4	5	6
Nombre de tiges par hectare moyen par placette	10 700 (9 890) ^a	5 850 (3 770) ^{ad}	22 500 (21 200) ^b	12 200 (10 600) ^{ac}
Nombre de ramilles moyen par hectare par placette	69 700 (91 400) ^a	61 500 (75 400) ^a	193 000 (210 000) ^b	73 700 (75 400) ^a
Nombre de ramilles broutées par les cervidés par hectare par placette	5 380 (15 800) ^a	500 (1 900) ^a	2 540 (7 830) ^a	5 400 (14 300) ^a
Proportion (%) moyenne de ramilles broutées par les cervidés par placette	13.2 (21.9) ^a	2.70 (8.20) ^a	4.16 (14.0) ^a	11.8 (22.0) ^a
Utilisation (%)	17.6 (27.3) ^a	11.7 (25.8) ^a	14.9 (27.4) ^a	21.5 (32.8) ^a

Note 1 : les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts-types.

Note 2 : Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre chaque type de peuplement pour chaque variable.

3.2 Production de ramilles par essence

La production de ramilles est similaire dans chaque type de peuplement pour le ravage Duchénier pour la plupart des essences recensées (Figure 3). Le noisetier, l'érable à épis, l'érable rouge, le peuplier faux-tremble, le sapin baumier et le thuya occidental sont les essences les plus productives. Il est toutefois observé que les peuplements d'abri et d'abri en devenir produisent une quantité plus élevée en proportion d'essences feuillues telles que le noisetier, l'érable à épis et l'érable rouge, avec une production qui varie de 15 % à près de 25 %. Quant aux essences résineuses, le thuya occidental a une production de ramilles de 28.4 % dans les peuplements d'abri et le sapin baumier de 60.5 % dans les peuplements d'abri en devenir. Il est cependant à noter que pour des raisons opérationnelles en 2021, le sapin baumier n'a pas été reporté dans les peuplements d'abri et de nourriture. Les peuplements de nourriture semblent produire une quantité plus élevée d'essences feuillues telles que l'érable rouge (22.5 % vs autour de 10 % pour les autres types de peuplements) ou le peuplier faux-tremble (40.7 % vs moins de 5 % pour les autres types de peuplements).

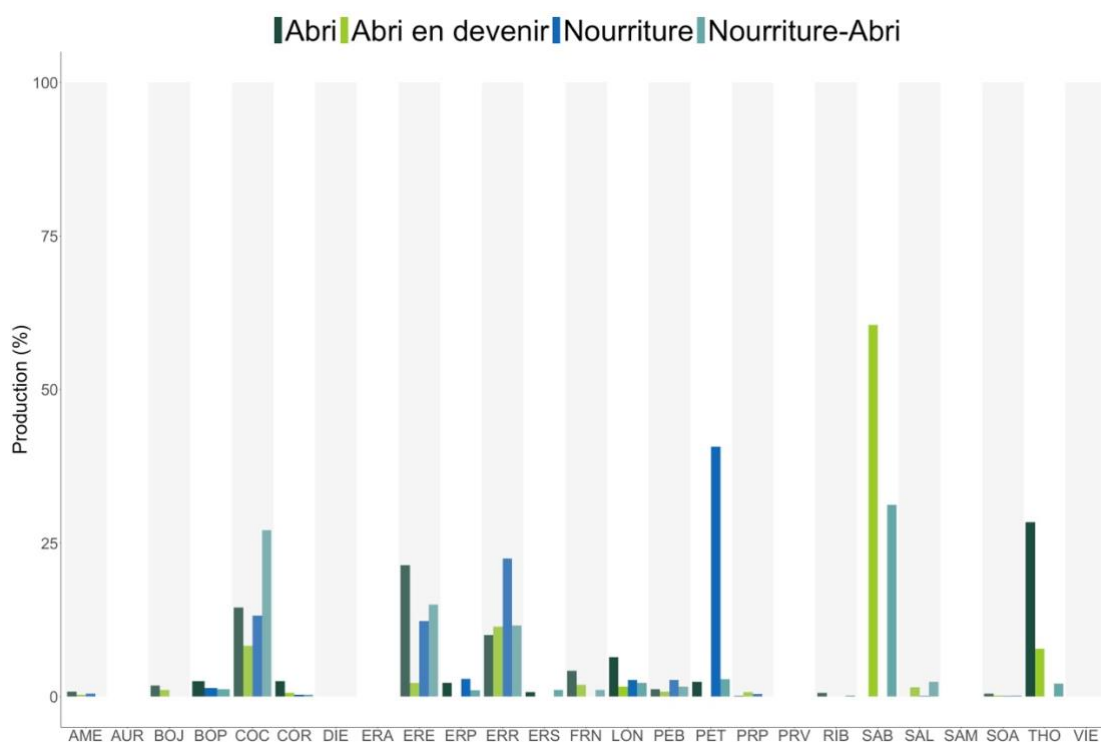


Figure 3 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Témiscouata (Figure 4), on observe que la production globale des essences est caractérisée par le noisetier, l'érable à épis, le sapin baumier et le thuya occidental. Toutes les autres essences ont une production inférieure à 8 %. Plus précisément, la production de noisetier est plus élevée dans les peuplements de nourriture et de nourriture-abri (entre 20 % et 25 %) que dans les peuplements d'abri et d'abri en devenir (entre 10 % et 15 %). De plus, la production de sapin baumier est plus élevée dans les peuplements d'abri et d'abri en devenir (entre 45 % et 50 %) comparativement aux peuplements de nourriture et de nourriture-abri (entre 20 % et 30 %). Concernant les autres essences, il semble y avoir peu de différences entre chaque type de peuplements.

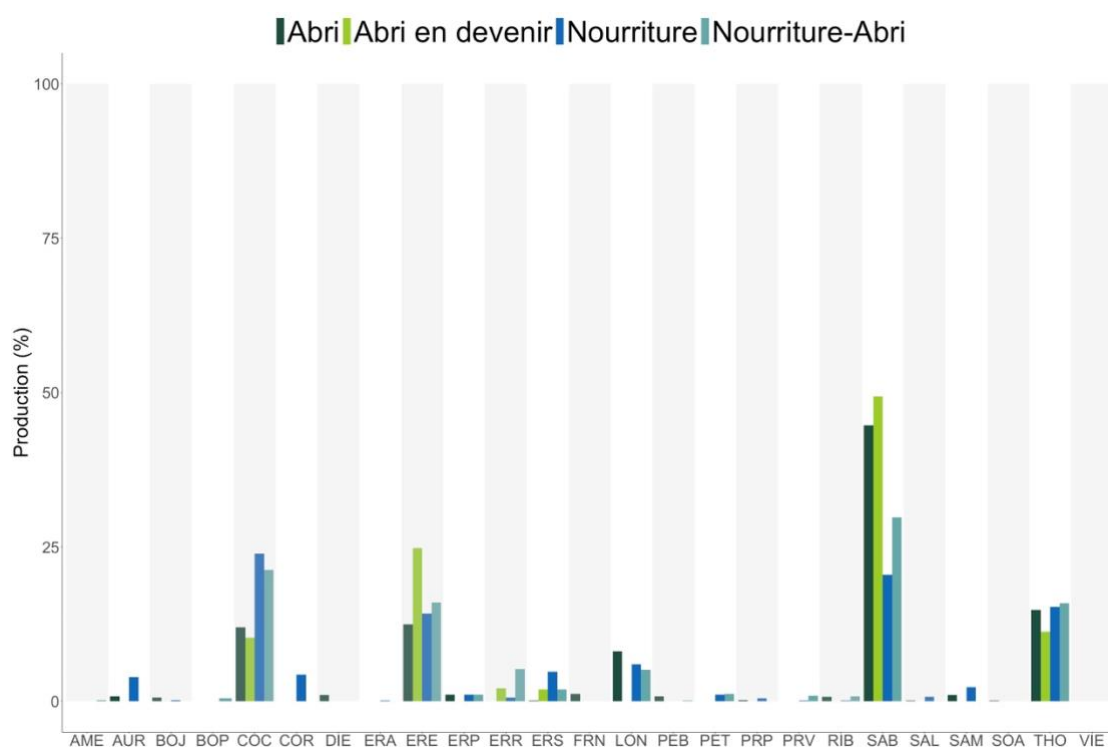


Figure 4 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Biencourt, il est difficile de déceler des tendances nettes (Figure 5). En plus des principales essences nommées dans les deux ravages précédents, le chèvrefeuille, le cornouiller et le bouleau jaune ont une production un peu plus élevée. Plus précisément, les peuplements d’abri semblent présenter, comparativement aux autres types de peuplements, des proportions élevées de bouleau jaune (14.5 % vs moins de 2 %) et d’érable à épis (47 % vs moins de 30 % pour les autres types de peuplements). Il est cependant à noter que pour des raisons opérationnelles en 2021, le sapin baumier n’a pas été reporté dans les peuplements d’abri. Les peuplements d’abri en devenir présentent, comparativement aux autres types de peuplements, des proportions élevées d’amélanchiers (10.3 % vs moins de 1 %), cornouiller stolonifère (9.1 % vs moins de 2 %), chèvrefeuille (14.6 % vs autour de 5 %) et sapin baumier (35.8 % vs moins de 15 %). Les peuplements de nourriture ne se différencient que peu avec les autres types de peuplements, leur production se répartissant sur trois essences principalement : le noisetier (18.6 %), l’érable à épis (26.3 %) et le sapin baumier (15.1 %). Les peuplements de nourriture-abri sont présentés dans la figure, mais considérant qu’un seul peuplement n’a été échantillonné, il est difficile de tirer des conclusions fermes quant à ce type de peuplement.

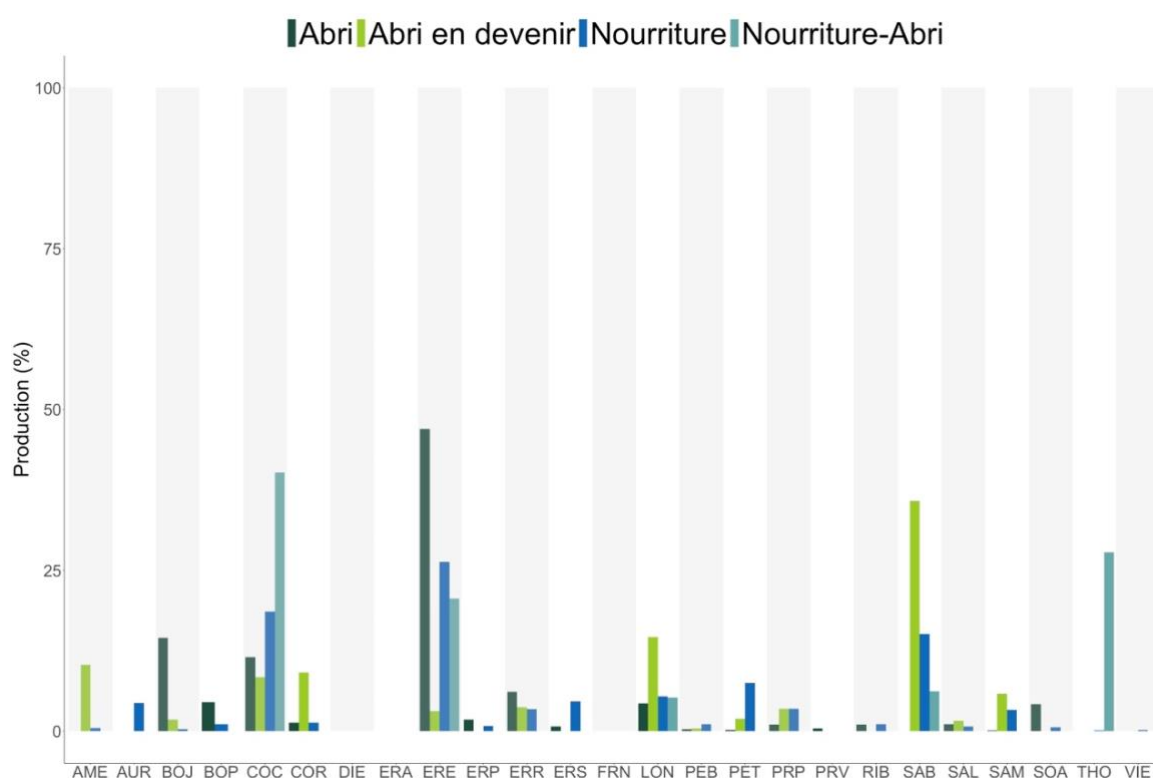


Figure 5 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d’abri (vert foncé), d’abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe

Dans le ravage Pain de Sucre, peu de caractéristiques de la production semblent différencier les peuplements (Figure 6). Globalement, le sapin baumier, le chèvrefeuille, l'érable à épis et le thuya occidental sont les essences les plus productives. Les peuplements d'abri présentent une production élevée de thuya occidental (26.8 % vs moins de 16 % pour les autres types de peuplements). Les peuplements d'abri en devenir montrent une production élevée de sapin baumier (76.6 % vs moins de 25 %). Les peuplements de nourriture ont, comparativement aux autres peuplements, une production élevée de peuplier faux-tremble (44.1 % vs moins de 1 %). Enfin les peuplements de nourriture-abri ont une production d'érable à épis (28 % vs moins de 11 %) supérieure aux autres types de peuplements.

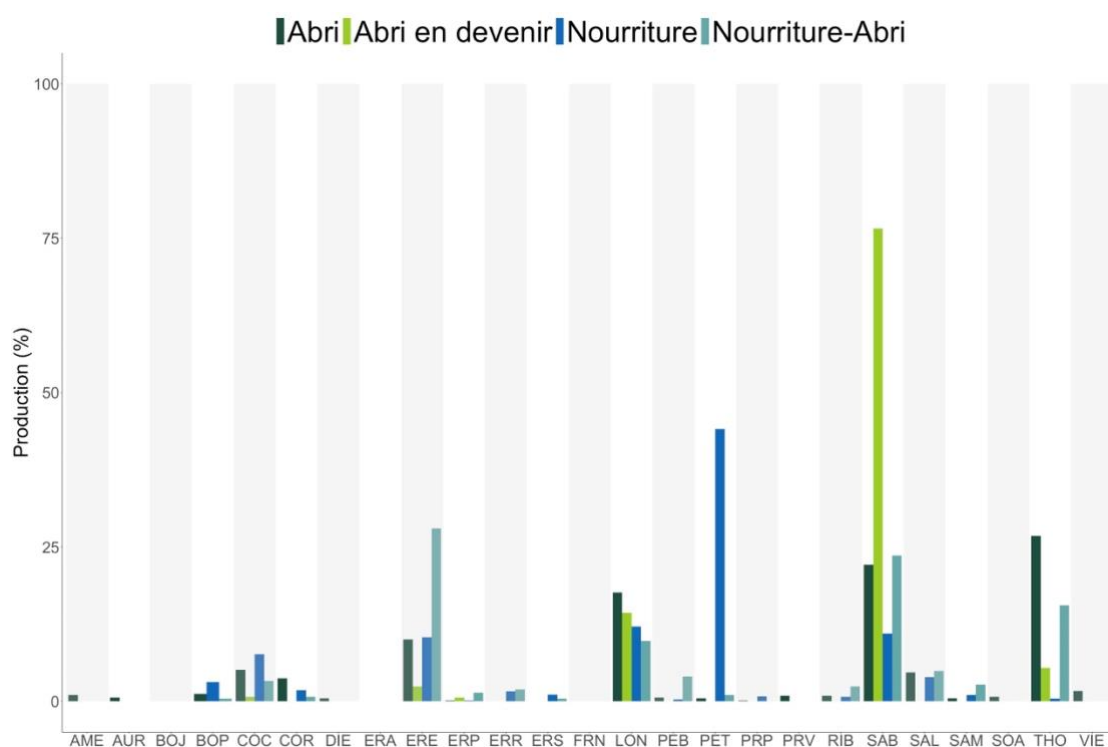


Figure 6 : Production de ramilles (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

3.3 Utilisation des essences

Dans le ravage Duchénier, l'utilisation moyenne est supérieure à 20 % dans chaque type de peuplement (Figure 7). Les deux types de peuplements qui présentent les niveaux moyens d'utilisation les plus élevés sont les peuplements de nourriture-abri (45.3 %) et de nourriture (25.7 %). Toutefois, le niveau moyen d'utilisation des essences est élevé dans l'abri en devenir (25.2 %) et l'abri (21.3 %). Dans l'abri en devenir, le bouleau jaune, le chèvrefeuille et le cerisier de Pennsylvanie présentent les utilisations les plus élevées (> 25 %). Dans l'abri, les essences les plus utilisées sont le cerisier de Pennsylvanie, le sorbier d'Amérique et l'érable rouge (> 25 %). Concernant la nourriture et la nourriture-abri, le bouleau à papier, l'érable à épis, l'érable de Pennsylvanie, l'érable rouge, l'érable à sucre, le frêne noir, le peuplier faux-tremble, le gadelier, le sapin baumier et les saules démontrent les utilisations les plus élevées (> 30 %).

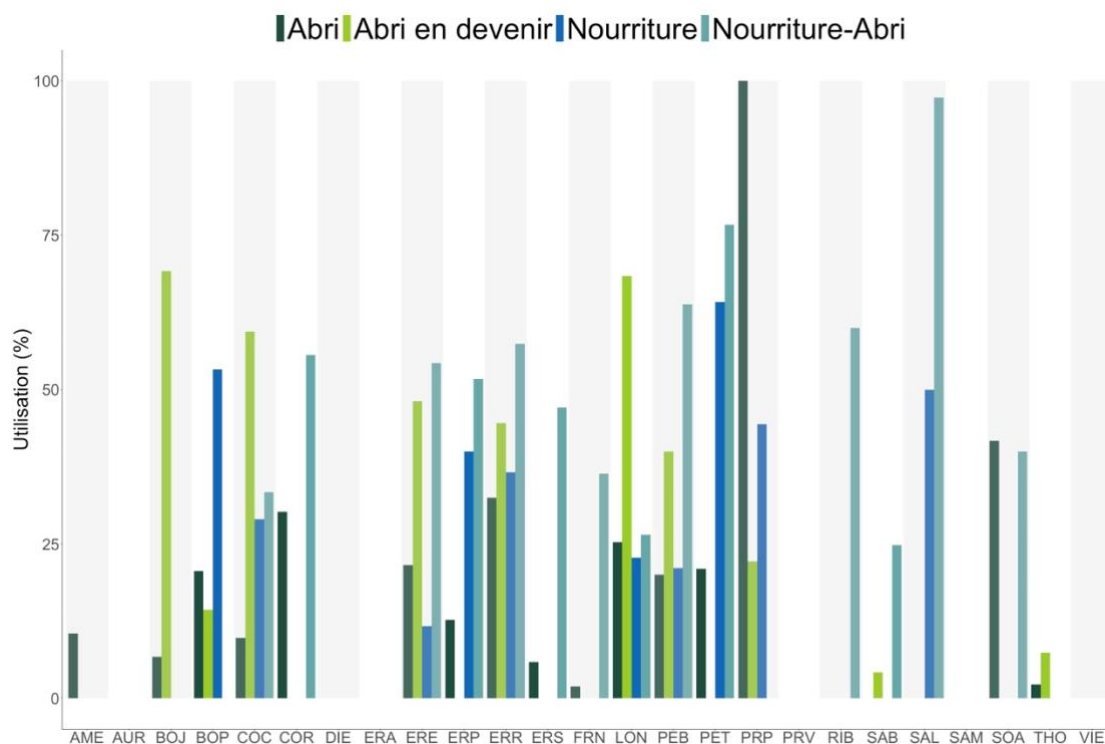


Figure 7 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Témiscouata, la moyenne de l'utilisation des essences se situe autour de 10 % pour chaque type de peuplements et varie de 9.6 % dans les peuplements de nourriture à 12.4 % dans les peuplements d'abri (Figure 8). Les saules, le sorbier d'Amérique, l'érable à épis, le chèvrefeuille et le sureau sont les essences les plus utilisées dans l'abri (> 25 %). L'érable rouge et l'érable à épis sont les essences les plus utilisées dans l'abri en devenir (> 20 %). Les saules et l'érable de Pennsylvanie sont les essences les plus utilisées dans les peuplements de nourriture (> 20 %). Enfin, le bouleau à papier, l'érable de Pennsylvanie et l'érable à sucre sont les essences les plus utilisées dans les peuplements de nourriture-abri (> 20 %).

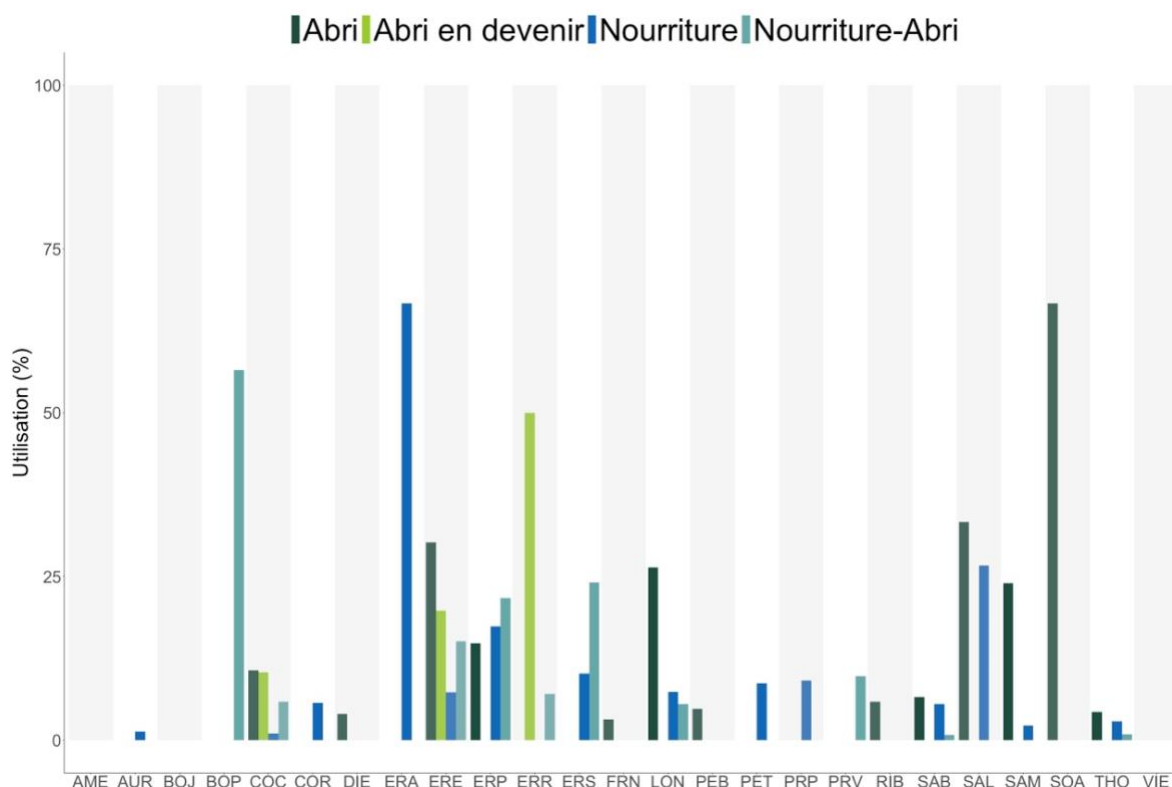


Figure 8 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Biencourt, les peuplements d’abri en devenir présentent les utilisations moyennes les plus élevées (53.3 %), suivis par les peuplements de nourriture (29.9 %) (Figure 9). Les peuplements d’abri ont les utilisations moyennes d’essence les plus faibles (20.7 %). Dans l’abri, le sureau, les peupliers, l’érable à sucre, l’érable à épis, le cornouiller stolonifère et le cerisier de Pennsylvanie sont les essences les plus utilisées. Lorsqu’elles sont présentes, toutes les essences de l’abri en devenir sont utilisées à plus de 25 %. Lorsqu’elles sont présentes, les essences des peuplements de nourriture montrent des utilisations supérieures à 25 %, excepté pour l’aulne, le bouleau jaune, l’érable à sucre, les peupliers et le sapin baumier. Les peuplements de nourriture-abri sont présentés dans la figure, mais considérant qu’un seul peuplement a été échantillonné, il est difficile de tirer des conclusions fermes quant à ce type de peuplement.

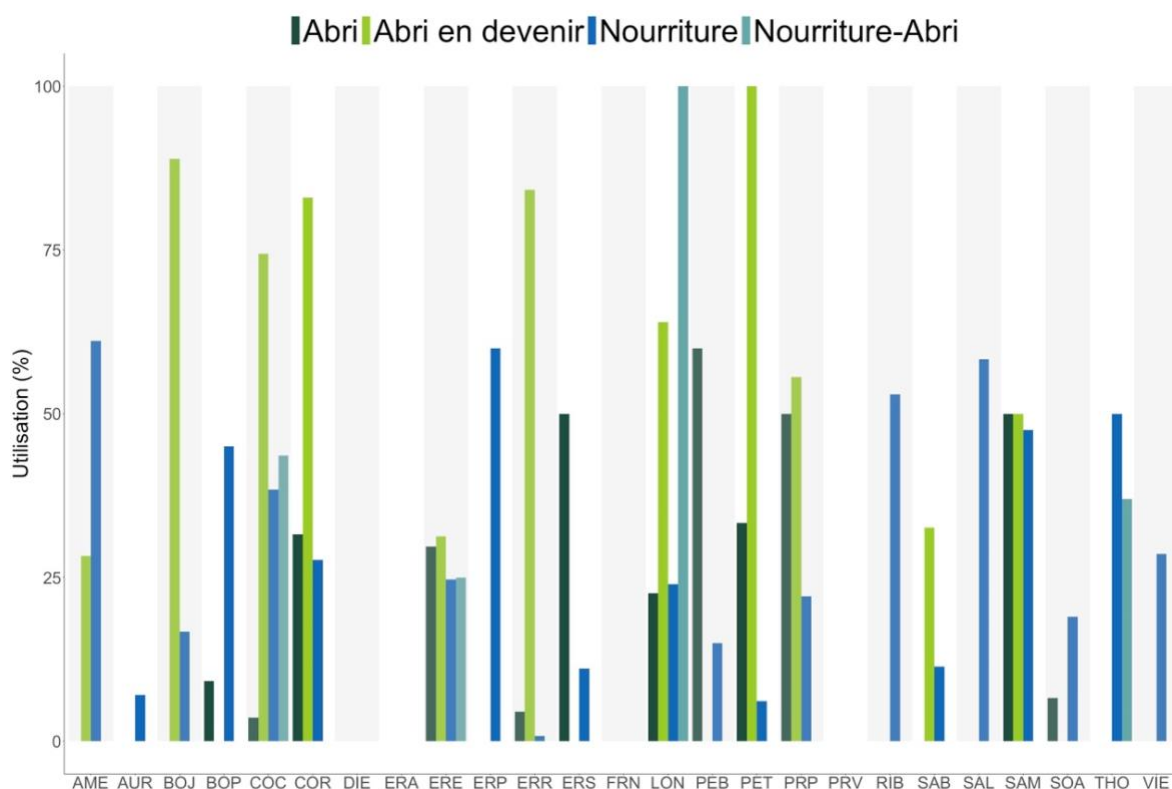


Figure 9 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d’abri (vert foncé), d’abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Pain de Sucre, les peuplements d'abri, d'abri en devenir et de nourriture-abri présentent des utilisations moyennes supérieures à 20 %, tandis que les peuplements de nourriture présentent une utilisation moyenne de 9.6 % (Figure 10). Dans l'abri, l'érable de Pennsylvanie, l'érable à épis, le peuplier faux-tremble et les viornes sont utilisées à plus de 45 %, alors que les essences comme le cornouiller stolonifère, le noisetier, le bouleau à papier, l'amélanchier, le dierville chèvrefeuille, le saule, le sureau et le sorbier sont utilisées entre 25 % et 35%. Dans l'abri en devenir, l'érable à épis et le gadelier sont les espèces végétales les plus utilisées (> 60 %). Dans les peuplements de nourriture, les espèces les plus utilisées sont le sureau (41 %) et le bouleau à papier (29 %). Enfin, dans les peuplements de nourriture-abri, l'érable à sucre, l'érable de Pennsylvanie et les saules ont des niveaux d'utilisation supérieurs à 40 %.

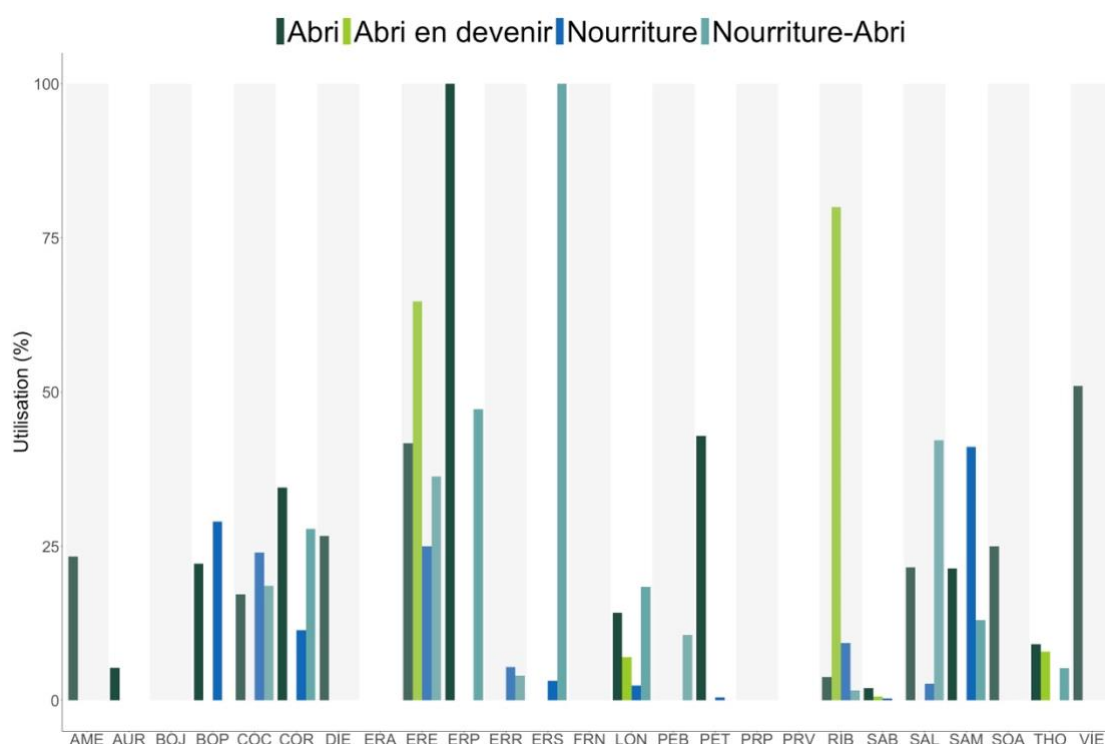


Figure 10 : Utilisation (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

3.4 Importance des essences

Dans le ravage Duchénier, l'essence la plus importante dans les peuplements d'abri pour les cervidés est l'érable à épis (32 %), suivi par l'érable rouge (22.4 %) (Figure 11). Dans les peuplements d'abri en devenir, l'érable rouge (30.5 %) et le noisetier (29.6 %) sont les essences les plus importantes. Le peuplier faux-tremble (60.8 %) et, dans une moindre mesure, l'érable rouge (19.2 %), sont les essences les plus importantes des peuplements de nourriture. Enfin, le noisetier (22.9 %), l'érable à épis (20.7 %) et le sapin baumier (19.6 %) sont les essences les plus importantes des peuplements de nourriture-abri.

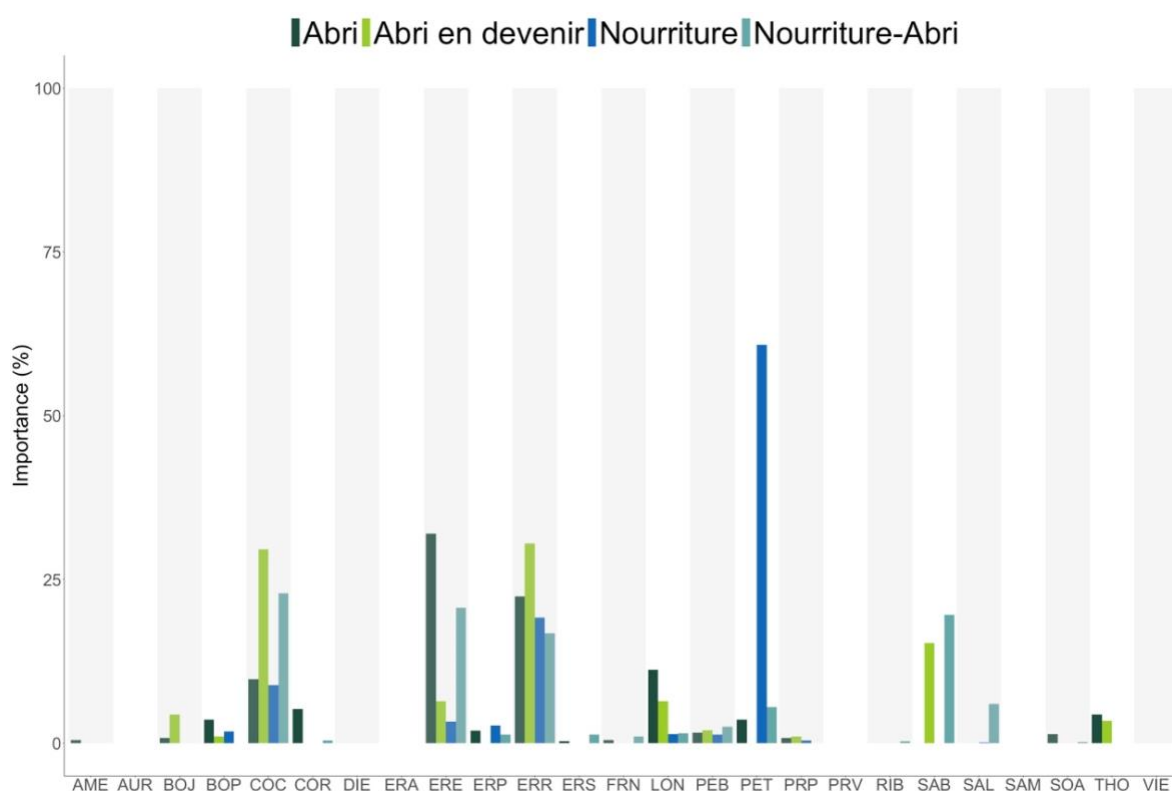


Figure 11 : Importance (en %) par essence dans le ravage Duchénier pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Témiscouata, l'érable à épis (32.9 %) et le sapin baumier (25.9 %) sont les essences les plus importantes des peuplements d'abri (Figure 12). Dans les peuplements d'abri en devenir, l'érable à épis (69.7 %), et dans une moindre mesure, le noisetier (15.2 %) et l'érable rouge (15.2 %) sont les essences les plus importantes. Dans les peuplements de nourriture, le sapin baumier (23.7 %) et l'érable à épis (21.6 %) sont les essences les plus importantes. Enfin, l'érable à épis (41.8 %) et le noisetier (21.7 %) sont les essences les plus importantes dans les peuplements de nourriture-abri.

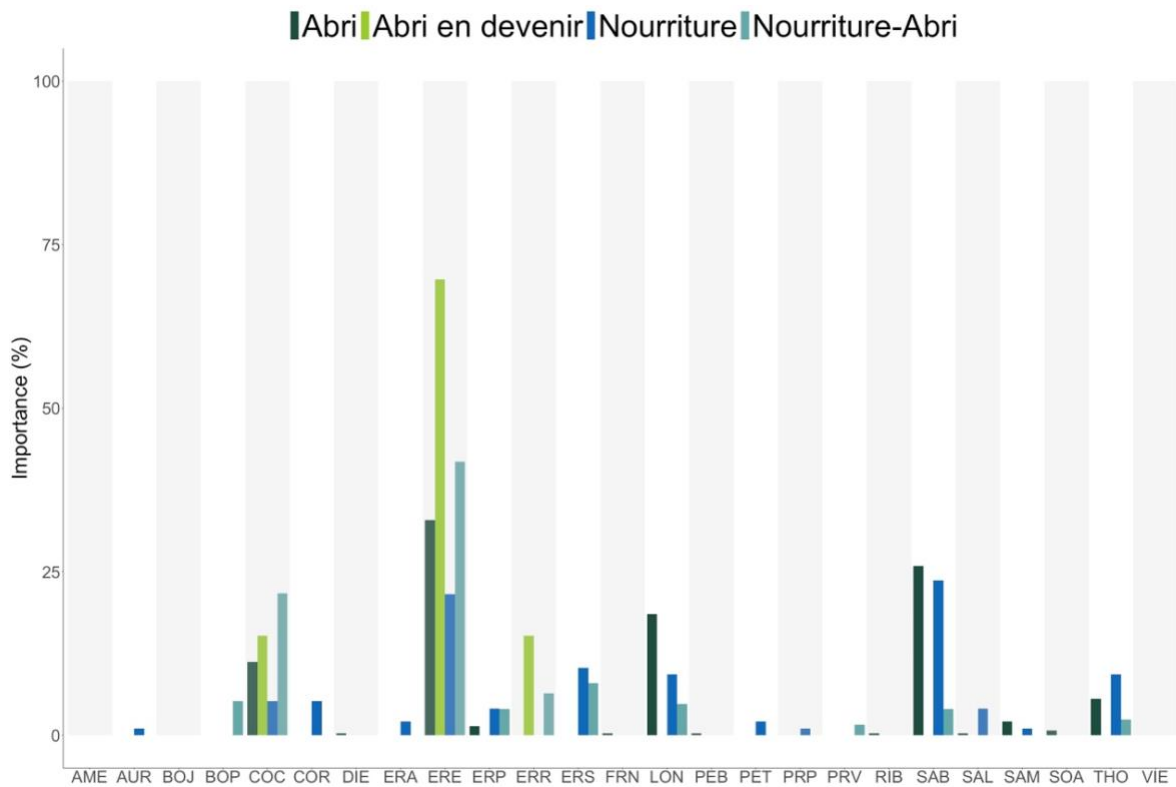


Figure 12 : Importance (en %) par essence dans le ravage Témiscouata pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Biencourt, l'érable à épis (78 %) est l'essence la plus utilisée des peuplements d'abri, les autres essences n'ayant qu'une importance marginale (Figure 13). Dans les peuplements d'abri en devenir, l'importance est plus équitablement répartie, le sapin baumier (23.3 %) et le hêtre (18.6 %) étant les essences les plus utilisées. Dans les peuplements de nourriture, le noisetier (31 %) et l'érable à épis (28.3 %) sont les essences les plus importantes. Les peuplements de nourriture-abri sont présentés dans la figure, mais considérant qu'un seul peuplement a été échantillonné, il est difficile de tirer des conclusions fermes quant à ce type de peuplement.

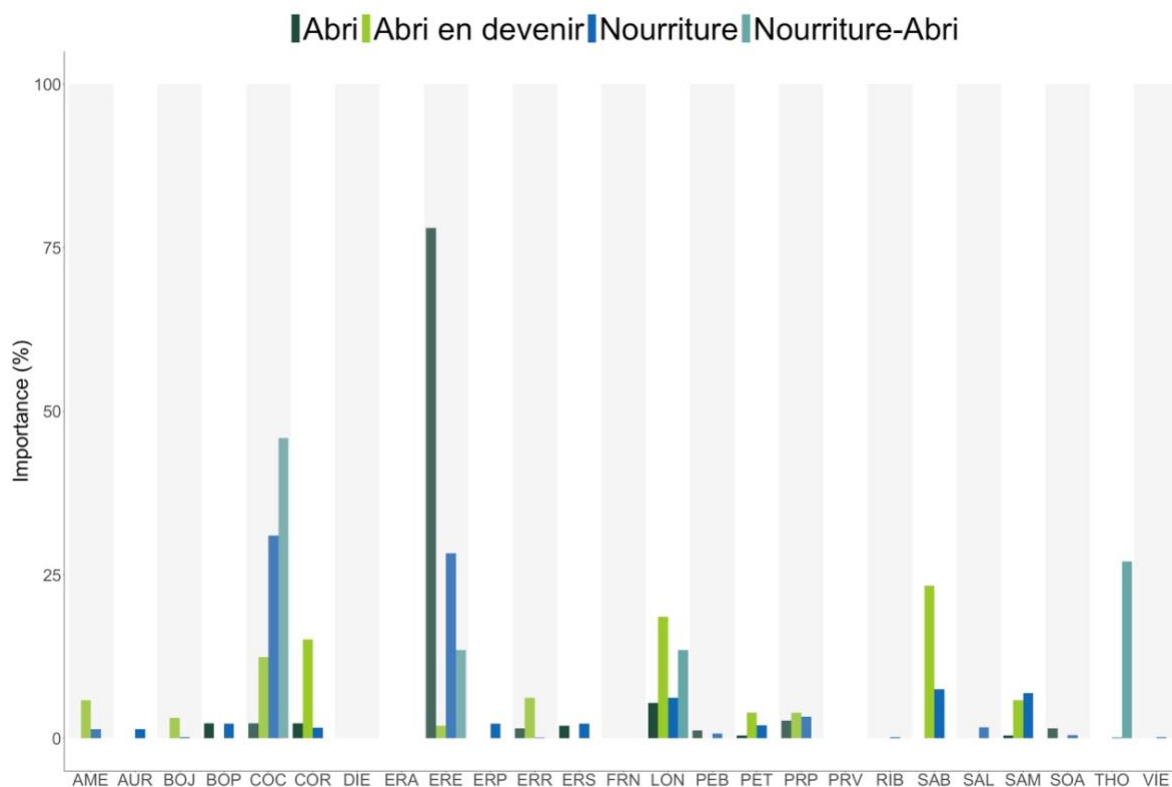


Figure 13 : Importance (en %) par essence dans le ravage Biencourt pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

Dans le ravage Pain de Sucre, l'érable à épis (28 %), le chèvrefeuille (16.9 %) et le thuya occidental (16.4 %) sont les essences les plus importantes dans les peuplements d'abri (Figure 14). Dans les peuplements d'abri en devenir, l'érable à épis (39.3 %) et le chèvrefeuille (25 %) sont les essences les plus importantes. Dans les peuplements de nourriture, l'érable à épis (38.4 %) et le noisetier (27.1 %) sont les essences les plus importantes. Enfin, l'érable à épis (57.6 %) est l'essence la plus importante des peuplements de nourriture-abri, les autres essences ayant une importance plus marginale.

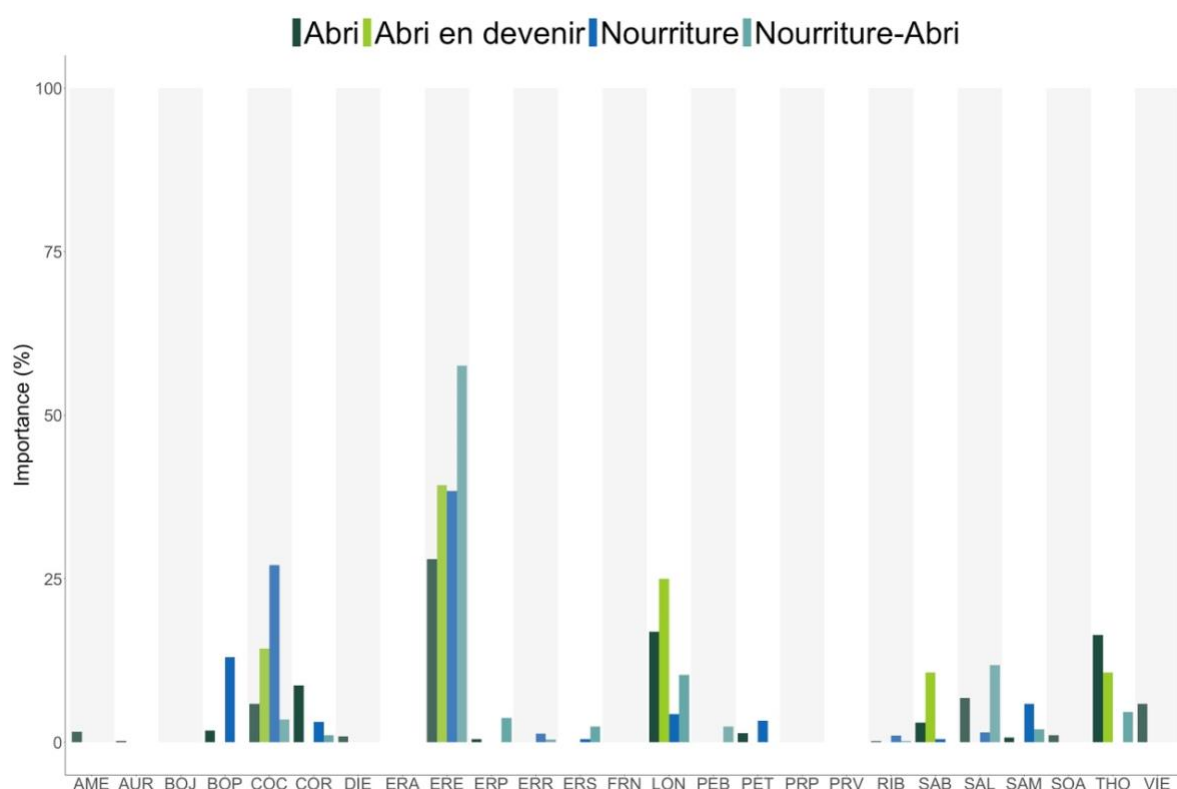


Figure 14 : Importance (en %) par essence dans le ravage Pain de Sucre pour les peuplements d'abri (vert foncé), d'abri en devenir (vert clair), de nourriture (bleu foncé) et de nourriture-abri (bleu gris). Le code essence utilisé est décrit en Annexe 2.

3.5 Classes d'âge, classes de densité et classes de hauteur des peuplements

Il est possible, grâce au cinquième inventaire écologique du Québec Méridional (IÉQM), de rapporter pour chaque peuplement échantillonné la classe d'âge et la classe de hauteur. Cela permet de caractériser le peuplement.

À partir de cette caractérisation, il est constaté que dans les peuplements d'abri, le ravage Duchénier présente la proportion la plus élevée de vieux peuplements (75 %) (Tableau 7). Le ravage Témiscouata présente une proportion un peu plus élevée de vieux peuplements que de jeunes peuplements (57 % vs 43 %). Les ravages Biencourt et Pain de Sucre démontrent quant à eux des proportions élevées de jeunes peuplements (86 % et 78 % respectivement). Dans les peuplements d'abri en devenir, l'ensemble des ravages présentent des peuplements jeunes d'âges inférieurs ou égaux à 30 ans (Tableau 8).

Les peuplements de nourriture des ravages Duchénier et Biencourt sont composés à 100 % de jeunes peuplements (Tableau 9). Le ravage Pain de Sucre est composé pour la moitié de jeunes peuplements et de vieux peuplements. Le ravage Témiscouata présente une proportion plus élevée de jeunes peuplements que de vieux peuplements (57 % vs 43 %). Les peuplements de nourriture-abri du ravage Duchénier est composé pour moitié de jeunes peuplements et pour moitié de vieux peuplements (Tableau 10). Les peuplements de nourriture-abri des autres ravages ont quant à eux une proportion plus élevée de jeunes peuplements (de 67 % à 75 %).

Tableau 7 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements d'abri

Classe d'âge	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
30	8.5 %	7 %		56 %
50				11 %
70	8.5 %	14 %	29 %	
Total jeunes réguliers	17 %	21 %	29 %	67 %
JIR	8 %	21 %	57 %	11 %
Total jeunes	25 %	43 %	86 %	78 %
90		7 %	14 %	
120	4 %			
Total vieux réguliers	4 %	7 %	14 %	
VIN	13 %	36 %		
VIR	58 %	14 %		22 %
Total vieux irréguliers	71 %	50 %		22 %
Total vieux	75 %	57 %	14 %	22 %

JIR : jeune peuplement de structure irrégulière ; VIN : vieux peuplement inéquiens de structure régulière ; VIR : vieux peuplements de structure irrégulière

Tableau 8 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir

Classe d'âge	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
10	33 %			
30	67 %	100 %	100 %	100 %

Tableau 9 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture

Classe d'âge	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
10	100 %		80 %	25 %
70			20 %	25 %
Total jeunes réguliers	100 %		100 %	50 %
JIN		14 %		
JIR		43 %		
Total jeunes irréguliers		57 %		
Total jeunes	100 %	57 %	100 %	50 %
9050				50 %
Total vieux réguliers				50 %
VIN		14 %		
VIR		29 %		
Total vieux irréguliers		43 %		
Total vieux		43 %		50 %

JIN : jeune peuplement inéquien de structure régulière ; JIR : jeune peuplement de structure irrégulière ; VIN : vieux peuplement inéquiens de structure régulière ; VIR : vieux peuplements de structure irrégulière

Tableau 10 : Pourcentage de chaque classe d'âge dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri

Classe d'âge	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
30	50 %	22 %		
50		11 %		
Total jeunes réguliers	50 %	33 %		
JIR		33 %		75 %
Total jeunes irréguliers		33 %		75 %
Total jeunes	50 %	67 %		75 %
120				25 %
Total vieux réguliers				25 %
VIN	25 %	11 %		
VIR	25 %	11 %		
VIN30		11 %		
Total vieux irréguliers	50 %	33 %		
Total vieux	50 %	33 %		25 %

JIR : jeune peuplement de structure irrégulière ; VIN : vieux peuplement inéquien de structure régulière ; VIR : vieux peuplement de structure irrégulière ; VIN30 : vieux peuplement inéquien avec au moins 25% du couvert constitué de tiges de 30 ans.

Note : Un seul peuplement de nourriture-abri n'a pu être échantillonné dans le ravage Biencourt. En conséquence, aucune donnée n'est reportée pour cette catégorie dans ce tableau.

Dans les peuplements d'abri, les ravages Duchénier, Témiscouata, et Pain de Sucre ont la majorité de leurs peuplements avec une hauteur comprise entre 12 m et 17 m (Tableau 11). Le ravage Biencourt présente des peuplements plus hauts, majoritairement compris entre 17 m et 22 m. Les peuplements d'abri en devenir sont composés de peuplements avec des hauteurs majoritairement comprises entre 7 m et 12 m (Tableau 12).

Les peuplements de nourriture sont très variables d'un ravage à l'autre (Tableau 13). Dans le ravage Témiscouata, ces peuplements ont une hauteur majoritairement comprise entre 12 m et 17 m. Le ravage Duchénier a tous ses peuplements de nourriture avec des hauteurs comprises entre 2 m et 4 m. Les peuplements de nourriture du ravage Biencourt ont des hauteurs réparties équitablement entre des peuplements de moins de 2 m et des peuplements avec une hauteur comprise entre 17 m et 22 m. Les peuplements de nourriture du ravage Pain de Sucre ont des hauteurs majoritairement (65 %) supérieures à 17 m. Toutefois, 25 % des peuplements de ce ravage ont des hauteurs comprises entre 2 m et 4 m. Les peuplements de nourriture-abri dans tous les ravages sont composés de peuplements avec des hauteurs variant de 7 m à 22 m (Tableau 14). Les ravages Duchénier et Pain de Sucre sont les peuplements présentant les hauteurs les plus élevées.

Tableau 11 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements d'abri

Classe de hauteur	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
1		7 %		
2	33 %	29 %	71 %	11 %
3	67 %	64 %	29 %	89 %

Classes de hauteur : 1 = supérieure ou égale à 22 m, 2 = supérieure ou égale à 17 m et inférieure à 22 m, 3 = supérieure ou égale à 12 m et inférieure à 17 m.

Tableau 12 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir

Classe de hauteur	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
4	67 %	100 %	100 %	100 %
5	33 %			

Classes de hauteur : 4 = supérieure ou égale à 7 m et inférieure à 12 m, 5 = supérieure ou égale à 4 m et inférieure à 7 m.

Tableau 13 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture

Classe de hauteur	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
1				50 %
2		43 %	20 %	25 %
3		57 %		
4			40 %	
6	100 %		20 %	25 %
7			20 %	

Classes de hauteur : 1 = supérieure ou égale à 22 m, 2 = supérieure ou égale à 17 m et inférieure à 22 m, 3 = supérieure ou égale à 12 m et inférieure à 17 m, 4 = supérieure ou égale à 7 m et inférieure à 12 m, 6 = supérieure ou égale à 2 m et inférieure à 4 m, 7 = inférieure à 2 m.

Tableau 14 : Pourcentage de chaque classe de hauteur dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri

Classe de hauteur	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
2	50 %	33 %		75 %
3	25 %	56 %		25 %
4	25 %	11 %		

Classes de hauteur : 2 = supérieure ou égale à 17 m et inférieure à 22 m, 3 = supérieure ou égale à 12 m et inférieure à 17 m, 4 = supérieure ou égale à 7 m et inférieure à 12 m.

Note : Un seul peuplement de nourriture-abri n'a pu être échantillonné dans le ravage Biencourt. En conséquence, aucune donnée n'est reportée pour cette catégorie dans ce tableau.

Dans les peuplements d'abri, les ravages sont constitués en très grande majorité par des peuplements avec une densité comprise entre 60 % et 80 % (Tableau 15). Les peuplements d'abri en devenir sont composés de peuplements avec des densités supérieures à 80 % pour les ravages Biencourt et Pain de Sucre (Tableau 16). Les peuplements d'abri en devenir des ravages Duchénier et Témiscouata sont moins denses puisqu'ils sont en majorités constitués de peuplements avec une densité comprise entre 60 % et 80 %.

Les peuplements de nourriture ont des densités très variables d'un ravage à l'autre (Tableau 17). Dans le ravage Duchénier, ces peuplements ne présentent pas de caractéristiques permettant de leur attribuer une densité selon la nomenclature utilisée, puisque ce sont des peuplements très jeunes. Le ravage Témiscouata est composé de peuplements de nourriture avec une densité comprise entre 25 % et 40 %. Dans le ravage Biencourt, les peuplements de nourriture sont constitués aux deux tiers de peuplements de densité comprise entre 40 % et 60 %, le tiers restant des peuplements ayant une densité supérieure à 80 %. Enfin, le ravage Pain de Sucre a des peuplements de nourriture avec une densité majoritairement comprise entre 40 % et 60 %, le reste des peuplements ayant une densité comprise entre 25 % et 40 %. Les peuplements de nourriture-abri des ravages Duchénier et Témiscouata sont variés (Tableau 18), avec des densités de peuplement majoritairement entre 40 % et 60 %. Dans le ravage Pain de Sucre, la densité des peuplements de nourriture-abri est majoritairement comprise entre 60 % et 80 %.

Tableau 15 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements d'abri

Classe de densité	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
A	24 %	15 %	7 %	26 %
B	76 %	85 %	93 %	74 %

Classes de densité : A = supérieure ou égale à 80 %, B = supérieure ou égale à 60 % et inférieure à 80 %.

Tableau 16 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements d'abri en devenir

Classe de densité	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
A	35 %	42 %	100 %	100 %
B	65 %	58 %		

Classes de densité : A = supérieure ou égale à 80 %, B = supérieure ou égale à 60 % et inférieure à 80 %.

Tableau 17 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture

Classe de densité	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
0	100 %			
A			36 %	
C			64 %	69 %
D		100 %		31 %

Classes de densité : 0 : classe de densité non mesurable, A = supérieure ou égale à 80 %, C = supérieure ou égale à 40 % et inférieure à 60 %, D = supérieure ou égale à 25 % et inférieure à 40 %.

Tableau 18 : Pourcentage de chaque classe de densité dans chaque ravage pour les peuplements de nourriture-abri

Classe de densité	Duchénier	Témiscouata	Biencourt	Pain de Sucre
A	23 %	20 %		
B	26 %	36 %		82 %
C	51 %	44 %		18 %

Classes de densité : A = supérieure ou égale à 80 %, B = supérieure ou égale à 60 % et inférieure à 80 %, C = supérieure ou égale à 40 % et inférieure à 60 %.

Note : Un seul peuplement de nourriture-abri n'a pu être échantillonné dans le ravage Biencourt. En conséquence, aucune donnée n'est reportée pour cette catégorie dans ce tableau.

3.6 Modélisation par régression multinomiale du MQH

Les régressions multinomiales construites permettaient d'exprimer le MQH de chaque peuplement en fonction de la production de ramilles, l'utilisation et l'importance pour chaque essence. Rappelons que ce modèle prend les peuplements d'abri pour référence. L'objectif premier de ces modélisations est de confronter les prédictions du modèle avec les observations des peuplements. Ainsi, les rapports de cote estimés peuvent permettre de déterminer l'effet d'une des variables dans un type de MQH comparativement à l'abri. Ces effets sont décrits dans l'[Annexe 3](#).

La matrice de confusion du modèle ajusté sur l'ensemble des données (Tableau 19) permet de constater que le modèle a une précision de 49 %. C'est-à-dire que les prédictions du MQH du modèle permettent de prédire adéquatement 49 % des observations du MQH. Les peuplements d'abri sont les peuplements les mieux prédits, la précision de prédication s'élevant à $396/498 = 79.5\%$. Toutefois, la précision de la prédiction des peuplements de nourriture-abri et de nourriture est de 35.1 % et 36.6 % respectivement. Enfin, les peuplements d'abri en devenir présentent la plus faible précision de prédiction (9.7 %). Il est constaté que le modèle prédit faussement des peuplements d'abri, alors qu'il s'agit de peuplements de nourriture-abri (19.6 % des prédictions d'abri) et de nourriture (23.3 % des prédictions d'abri). De plus, les peuplements d'abri en devenir sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements d'abri (36.1 % des observations d'abri en devenir) et de nourriture-abri (47.7 % des observations d'abri en devenir).

Tableau 19 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale sur l'ensemble des données

		Observations				Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	
Prédictions	Abri	396	56	156	185	793
	Abri en devenir	4	15	8	4	31
	Nourriture	32	10	120	24	186
	Nourriture-abri	66	74	44	115	299
	Total	498	155	328	328	1309

La matrice de confusion du modèle ajusté sur les données du ravage Duchénier (Tableau 20) permet de constater que le modèle a une précision de 76 %. C'est-à-dire que les prédictions du MQH du modèle permettent de prédire adéquatement 76 % des observations du MQH dans le ravage Duchénier. Les peuplements d'abri et de nourriture sont les peuplements les mieux prédits, la précision de prédiction s'élevant à 96.1 % et 75.0 % respectivement. Toutefois, la précision de la prédiction des peuplements de nourriture-abri et d'abri en devenir varie autour de 49 %. Il est constaté que des peuplements d'abri sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements de nourriture-abri (34.9 % des observations de nourriture-abri) et de nourriture (47.8 % des observations de nourriture).

Tableau 20 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Duchénier

		Observations				Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	
Prédictions	Abri	195	8	32	30	265
	Abri en devenir	0	51	0	12	63
	Nourriture	6	0	33	2	41
	Nourriture-abri	2	9	2	42	55
	Total	203	68	67	86	355

La matrice de confusion du modèle ajusté sur les données du ravage Témiscouata (Tableau 21) permet de constater que le modèle a une précision de 52 %. C'est-à-dire que les prédictions du MQH du modèle permettent de prédire adéquatement 52 % des observations du MQH dans le ravage Témiscouata. Les peuplements de nourriture-abri sont les peuplements les mieux prédits, la précision de prédiction s'élevant à $127/143 = 88.8\%$. Toutefois, la précision de la prédiction des peuplements d'abri, de nourriture et d'abri en devenir varie entre 25,7 % (abri) et 28,0 % (abri en devenir). Il est constaté que la régression multinomiale prédit de manière erronée des peuplements de nourriture-abri, alors qu'il s'agit de peuplements d'abri (25.0 % des prédictions) et de nourriture (18.3 % des prédictions). De plus, les peuplements d'abri en devenir sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements de nourriture-abri (64.0 % des observations d'abri en devenir). Également, les peuplements de nourriture sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements de nourriture-abri (56.1 % des observations d'abri en devenir).

Tableau 21 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Témiscouata

		Observations				Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	
Prédictions	Abri	27	1	11	5	44
	Abri en devenir	5	7	3	3	18
	Nourriture	10	1	22	8	41
	Nourriture-abri	63	16	46	127	252
	Total	105	25	82	143	355

La matrice de confusion du modèle ajusté sur les données du ravage Biencourt (Tableau 22) permet de constater que le modèle a une précision de 74 %. C'est-à-dire que les prédictions du MQH du modèle permettent de prédire adéquatement 74 % des observations du MQH dans le ravage Biencourt. Les peuplements d'abri sont les peuplements les mieux prédits, la précision de prédiction s'élevant à 84.7 %. Toutefois, la précision de la prédiction des autres types de peuplements varie de 63.6 % (nourriture-abri) à 68.3 % (nourriture). Il est à noter que les prédictions des observations dans les peuplements de nourriture-abri ne concernent qu'un seul peuplement. Il est constaté que des peuplements d'abri sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements de nourriture (22.5 % des observations de nourriture).

Tableau 22 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Biencourt

		Observations				Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	
Prédictions	Abri	72	3	23	4	102
	Abri en devenir	2	22	7	0	31
	Nourriture	9	6	71	0	86
	Nourriture-abri	2	2	3	7	14
	Total	85	33	104	11	233

La matrice de confusion du modèle ajusté sur les données du ravage Pain de Sucre (Tableau 23) permet de constater que le modèle a une précision de 62 %. C'est-à-dire que les prédictions du MQH du modèle permettent de prédire adéquatement 62 % des observations du MQH dans le ravage Pain de Sucre. Les peuplements d'abri et de nourriture sont les peuplements les mieux prédits, la précision de prédiction s'élevant à 70.5 % et 69.3 % respectivement. La précision de la prédiction des peuplements de nourriture-abri est de 61.4 %. Toutefois, il est constaté que la précision de prédiction des peuplements d'abri en devenir est de 17.2 %, ces peuplements étant souvent prédits de manière erronée comme étant des peuplements de nourriture-abri (55.2 % des observations d'abri en devenir). Il est constaté que des peuplements de nourriture-abri sont souvent prédits de manière erronée dans les peuplements d'abri (22.9 % des observations d'abri).

Tableau 23 : Matrice de confusion du modèle de régression multinomiale pour le ravage Pain de Sucre

		Observations				Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	
Prédictions	Abri	74	7	10	27	118
	Abri en devenir	2	5	0	2	9
	Nourriture	5	1	52	5	63
	Nourriture-abri	24	16	13	54	107
	Total	105	29	75	88	297

4. Interprétations et discussion

L'objectif de l'étude est de déterminer comment les ravages de cerf de Virginie sont utilisés par le cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent. Pour cela, des données sur le brout ont été récoltées dans quatre ravages de la région. Puis, les résultats de ces données de brout ont été comparés avec les prédictions de peuplement issues du MQH qui classe les peuplements selon l'abri, l'abri en devenir, la nourriture et la nourriture-abri. L'étude présentée ici montre qu'il n'y a pas de patron commun entre les quatre ravages; ils sont uniques. En effet, chaque ravage présente des attributs de brouts différents en termes de production (quantité totale de ramilles et par essence) et de consommation par les cervidés (utilisation, importance). De plus, les prédictions de peuplement issues du MQH ne permettent pas de caractériser adéquatement l'utilisation que le cerf de Virginie fait de ces peuplements. Concrètement, cela signifie par exemple que les peuplements classés dans l'abri peuvent être utilisés comme de la nourriture par le cerf de Virginie. Il était attendu que les peuplements d'abri devraient être moins utilisés que les peuplements de nourriture et que les peuplements de nourriture-abri devraient se situer entre les deux. Le nombre de tiges et de ramilles devraient être disponible en plus grand nombre dans les peuplements de nourriture. Seul le ravage Duchénier présente des résultats similaires à la théorie, bien que le ravage de Biencourt tende vers cette théorie. Ces résultats peuvent s'interpréter dépendamment des caractéristiques de chaque ravage et de l'aménagement passé.

4.1 Des compositions en essences, des disponibilités et des caractéristiques de brout différentes d'un ravage à l'autre

Résumé des résultats : Caractéristiques et disponibilité de brout

- ***Ravage Duchénier : les peuplements de nourriture et de nourriture-abri présentent les nombres de ramilles et le broutement les plus élevés. En cohérence avec ce qui est attendu dans ces peuplements.***
- ***Ravage Témiscouata : on observe peu de différences entre peuplements. Les peuplements d'abri présentent les nombres de ramilles et proportion de ramilles broutées par les cervidés les plus élevés. En contradiction avec ce qui est attendu dans ces peuplements.***
- ***Ravage Biencourt : les peuplements de nourriture et d'abri en devenir présentent les nombres de ramilles les plus élevés. La proportion de ramilles broutées par les cervidés est la plus élevée dans l'abri en devenir. Partiellement en cohérence avec ce qui est attendu dans ces peuplements.***
- ***Ravage Pain de Sucre : on observe peu de différences entre peuplements. Les peuplements de nourriture et de nourriture-abri présentent les nombres de ramilles les plus élevés. L'utilisation et le nombre de ramilles broutées par les cervidés sont les plus élevés dans les peuplements d'abri et de nourriture-abri. En contradiction avec ce qui est attendu dans ces peuplements.***

Les peuplements de nourriture et de nourriture-abri sont supposés être les peuplements présentant les plus fortes quantité et proportion de ramilles et de ramilles broutées. Le guide d'aménagement des ravages mentionne que des broutements de 48 % à 76 % dans les peuplements feuillus sont soutenables pour la régénération feuillue. Toutefois, les peuplements résineux sont plus sensibles au broutement excessif et des raréfaction de thuya occidental peuvent survenir avec des broutements de 25 % (Hébert et al. 2013). Dans la présente étude, les taux de broutements ne semblent pas, de manière globale, mettre en danger la régénération des peuplements feuillus.

Le ravage Duchénier est un ravage très étudié dans la région du Bas-Saint-Laurent. Il est donc possible de comparer les résultats de 2021-2022 avec des études précédentes. En effet, il a été montré en 1998 que les peuplements de nourriture comprenaient 55 000 ramilles.ha-1 alors que les peuplements d'abri comprenaient 25 000 ramilles.ha-1 (Brassard and Larocque 1998). Les chiffres obtenus dans la présente étude sont en cohérence avec ces observations passées.

Les autres ravages sont moins étudiés, et il n'est pas possible d'y comparer les évolutions historiques des caractéristiques de brout. Par ailleurs, les plus fortes proportions de brout sont constatées dans l'abri pour les ravages Témiscouata et Pain de Sucre. Dans le ravage Témiscouata, les peuplements d'abri sont ceux qui présentent les plus grandes hauteurs et sont des peuplements vieux irréguliers. Ceci laisse penser que ce sont des peuplements avec de l'ouverture où de la régénération a pu s'installer, ce qui expliquerait la présence de nourriture.

Le ravage Biencourt montre les brouts par les cervidés les plus élevés dans les peuplements d'abri en devenir. L'abri en devenir peut avoir des propriétés intéressantes pour le cerf de Virginie dans ce ravage. En effet, il semble que les cervidés ont consommé les ramilles des essences feuillues et ensuite le sapin baumier qui est dominant dans ce composant d'habitat. Ce type de comportement peut être attribuable à l'orignal. Ceci démontre que les ravages sont consommés différemment les uns des autres par les cervidés.

Dans le ravage Pain de Sucre, une proportion élevée de peuplements de nourriture est composée de peuplements vieux réguliers qui ne semblent pas être utilisés, bien que la nourriture y soit présente. De plus, les autres types de peuplement, notamment l'abri et la nourriture-abri sont abondamment utilisés. Il semblerait donc que les peuplements de nourriture ne possèdent pas de caractéristiques favorables au cerf de Virginie.

Selon les inventaires aériens de 2021 et 2022 (DGFa, communication personnelle), les ravages Témiscouata et Pain de Sucre sont les plus fréquentés, notamment en bord de plans d'eau ensoleillés (Germain et al. 1991). De plus, des pistes d'orignal ont également pu être observées en grand nombre dans le ravage Duchénier en plus des pistes de cerf de Virginie. Cette observation explique probablement la plus grande intensité de brout dans ces ravages. Au contraire, le ravage Biencourt semble peu fréquenté par le cerf de Virginie dans sa partie sud selon les données d'inventaire. Ceci est cohérent avec le faible nombre de ramilles produites et broutées dans ce ravage relativement aux autres.

Par ailleurs, au moment de l'établissement des plans d'aménagement des ravages de cerf de Virginie (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018a), des déficits d'abris étaient pointés dans les ravages Biencourt (10.5 % de la superficie du ravage), Témiscouata (3.6 % de la superficie du ravage) et Pain de Sucre (1.2 % de la superficie du ravage). Au contraire, le ravage Duchénier (28.4 % de la superficie du ravage) se rapprochait de la cible souhaitée en abri de 35 % (Ministère des forêts de la faune et

des parcs 2018b). Des actions de création d'abri ont donc été entreprises dans les ravages les plus à l'ouest de la région.

Il est également à noter que les conditions climatiques rendent la différenciation entre les différents types de peuplement cruciale dans les ravages situés les plus à l'est. Pour cela, l'indicateur NIVA est régulièrement utilisé. Cet indicateur correspond à la somme de l'enfoncement quotidien de la première neige à la fonte totale, et est exprimé en jours.cm. Ceci permet d'intégrer les effets combinés de l'enfoncement du cerf dans la neige et de la longueur de l'hiver (Potvin and Breton 1992). Il existe une relation entre l'indice NIVA et la survie des cerfs de Virginie : plus cet indicateur sera élevé, plus l'hiver sera considéré rigoureux pour le cerf de Virginie. Dans la zone géographique de l'étude, le MELCCFP rapporte un indicateur NIVA de 6250 jours.cm dans la zone 2 est (caractéristique du ravage Duchénier) et des 4 460 jours.cm dans la zone 2 ouest (caractéristique du ravage Témiscouata. Enfin, le cerf de Virginie est une espèce qui a un comportement philopatric¹ (Lesage et al. 2011). Il est donc possible que le cerf de Virginie n'ait pas encore modifié ses habitudes de vie à la suite de ces changements dans la composition des peuplements.

Résumé des résultats : Composition en essence

- **Production de sapin baumier, érables, noisetiers et thuya dans tous les ravages.**
- ***Ravage Duchénier* : production de thuya dans l'abri et l'abri en devenir. Production de peupliers et érables dans la nourriture.**
- ***Ravage Témiscouata* : production de noisetier dans la nourriture et nourriture-abri. Production de sapin dans l'abri et l'abri en devenir.**
- ***Ravage Biencourt* : production de bouleau jaune dans l'abri. Production diversifiée dans l'abri en devenir.**
- ***Ravage Pain de Sucre* : production de thuya dans l'abri. Production de sapin dans l'abri en devenir. Production de peuplier dans la nourriture. Production d'érable à épis dans la nourriture-abri**

Tous les ravages produisent des ramilles d'essences appétentes pour le cerf de Virginie. Toutefois, il est constaté que le sapin baumier est également très présent dans tous les ravages. En effet, les sapinières sont les peuplements les plus fréquemment rencontrés dans les ravages de cerf de Virginie, sauf le ravage Témiscouata (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018a, 2018b). L'érable à épis et le thuya sont des essences que l'on retrouve fréquemment dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune (Saucier et al. 2009). Le noisetier est une essence arbustive régulièrement présente dans le sous-étage des peuplements du Bas-Saint-Laurent. Certaines différences en composition peuvent être détectées entre les types de peuplements des différents ravages. Dans le ravage Duchénier, Biencourt et Pain de Sucre, la production de thuya ou sapin dans l'abri et de peuplier, érables et noisetiers dans la nourriture et la

¹ Tendence qu'ont les cerfs de Virginie à revenir chaque année dans le même ravage

nourriture-abri sont typiques de ces peuplements. En effet, les peuplements d'abri sont des peuplements où la couverture neigeuse est plus faible, ce qui permet aux cerfs de Virginie de se déplacer tout en limitant ses dépenses énergétiques (Moen 1976). Le thuya et le sapin sont deux essences qui favorisent cela. Au contraire, les peuplements contenant des ramilles d'érables, de peupliers et de noisetiers sont particulièrement prisés pour l'alimentation du cerf de Virginie (Huot 1972, 1973), en cohérence avec leur catégorisation en nourriture et nourriture-abri. Le ravage Biencourt semble quant à lui présenter des compositions en essence qui ne permettent pas de caractériser les peuplements selon le MQH : le bouleau jaune et l'érable à épis présents dans les peuplements d'abri sont plutôt caractéristiques des peuplements de nourriture.

Il est important de noter que dans notre étude, le brout du sapin baumier n'a pas été reporté pour des raisons logistiques d'échantillonnage dans les peuplements de nourriture et d'abri du ravage Duchénier en 2021. Les conclusions apportées dans notre étude doivent donc être considérées avec prudence lorsque l'on considère le sapin dans le ravage Duchénier.

Résumé des résultats : Utilisation et importance par essence

- ***Ravage Duchénier : Peuplier faux tremble et érable rouge important dans la nourriture. Nourriture-abri avec sapin baumier, érables, noisetiers et thuya brouté. Broutement relativement important de l'érable dans l'abri. L'abri en devenir ressemble à l'abri.***
- ***Ravage Témiscouata : Érable à épis très brouté dans tous les peuplements. Peuplements d'abri et de nourriture avec brout important de sapin. Les peuplements de nourriture-abri ressemblent à des peuplements de nourriture. Les peuplements d'abri en devenir ressemblent à des peuplements d'abri.***
- ***Ravage Biencourt : L'érable à épis et le noisetier est abondamment brouté dans tous les peuplements. Présence de peuplier faux-tremble mais non brouté. Abri en devenir ressemble à l'abri. Peu de différences dans la composition des essences entre peuplements.***
- ***Ravage Pain de Sucre : Importance du brout de l'érable à épis, noisetier, thuya et chèvrefeuille dans tous les peuplements. Peu de différences dans la composition des essences entre peuplements.***

À l'échelle régionale, il a été montré que l'utilisation des ramilles dans les ravages varie entre 15 % et 46 % (Maltais 2012). La présente étude est en accord avec ces données globales et permet en plus de distinguer les différents types de peuplement.

Il est constaté que les peuplements de nourriture présentent généralement des niveaux élevés de broutement d'essences comme le noisetier ou l'érable à épis. Dans une moindre mesure, le thuya semble être brouté lorsqu'il est présent. Ces essences sont des essences sapides pour le cerf de Virginie (Demers et al. 1996). Toutefois, il est également noté que le sapin baumier est brouté notamment dans les ravages Duchénier

et Témiscouata. Ce dernier ravage montre également des niveaux élevés de brout du peuplier faux-tremble.

Ceci est probablement un indicateur de présence d'orignal plutôt que de cerf de Virginie puisque le peuplier faux-tremble ne figure pas dans les principales essences utilisées par cette espèce (Demers et al. 1996), contrairement à l'orignal (Courtois et al. 1994). Par nature, il est difficile de distinguer les brouts d'originaux des brouts de cerf de Virginie. Il est probable que ces deux cervidés cohabitent, mais les originaux ont une meilleure tolérance aux conditions hivernales (Courtois et al. 1994). Les ravages sont cependant délimités pour correspondre majoritairement à une présence du cerf de Virginie. Il est connu que les populations d'originaux ont augmenté de manière importante ces dernières années (Ross et al. 2014; Gagné et al. 2018), notamment en conséquence d'une plus grande disponibilité des habitats de nourriture dans la région du Bas-Saint-Laurent (Gagné et al. 2018, 2020). Dans le même intervalle de temps, la population du cerf de Virginie a baissé (communication personnelle, Élise Roussel-Garneau).

Les données que nous observons ici sont en cohérence avec ces observations : les cerfs de Virginie semblent être peu présents dans le ravage Biencourt et au nord du ravage Témiscouata (qui a été échantillonné dans la présente étude). Dans les ravages Duchénier et Pain de Sucre, une compétition semble être installée entre le cerf de Virginie et l'orignal. À l'échelle régionale, la compétition exercée par l'orignal pourrait expliquer en partie l'abandon de certains ravages par le cerf de Virginie.

Il est également observé que certains peuplements d'abri présentent de hauts niveaux de brout. Cette observation peut s'expliquer par une fréquentation plus soutenue du cerf de Virginie de ces peuplements lorsque les déplacements sont plus restreints. Ceci peut se produire lorsque les conditions hivernales sont les plus difficiles, notamment vers la fin de l'hiver. Ainsi, dans ces conditions, il pourrait s'agir d'un comportement de survie afin de pouvoir se nourrir tout en limitant les déplacements. Une autre explication à cette observation serait que les peuplements présentent des défauts de différenciation : les peuplements d'abri montrent des caractéristiques de peuplement de nourriture.

Cette conclusion est appuyée par les classes d'âges présentes dans les peuplements d'abri de chaque ravage. En effet, les ravages Biencourt et Pain de Sucre présentent des peuplements d'abri relativement jeunes. Les peuplements d'abri des ravages Duchénier et Témiscouata sont quant à eux plus âgés. Toutefois, les peuplements ont des hauteurs cohérentes avec les peuplements d'abri (supérieures à 7 m). Il est possible que de petites trouées se soient formées dans les peuplements des ravages Biencourt et Pain de Sucre. Ces trouées pourraient avoir été créées lors d'interventions sylvicoles (Gagné et al. 2020). En effet, il a été montré que des éclaircies commerciales permettaient de maintenir une fréquentation soutenue des peuplements par l'orignal. Il est possible d'envisager un comportement similaire pour le cerf de Virginie. Ces trouées pourraient avoir une origine naturelle, à la suite d'un chablis. Les données de peuplements issues du 5^{ème} IEQM montrent qu'un grand nombre de peuplement est constitué de peuplements vieux ou jeunes irréguliers où la présence de telles trouées est plus probable. Une confirmation de cette interprétation pourrait être envisagée en utilisant des photographies aériennes en 3D.

Il a été nommé que les peuplements présentaient un déficit d'abri en 2018 dans tous les ravages sauf le ravage Duchénier. Des travaux ont donc pu être menés pour augmenter la proportion de peuplements d'abri (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018a, 2018b). Il est possible que ces zones de nourriture dans les peuplements

d'abri résultent d'une conversion de ces peuplements et dont les manifestations sur le comportement du cerf de Virginie ne sont pas encore discernables. Ainsi, les peuplements d'abri broutés de manière élevée correspondraient à des peuplements qui présentent globalement des caractéristiques d'abri, mais avec des zones de nourriture ; il s'agirait donc plus de peuplement de type nourriture-abri.

En vue de la survie du cerf de Virginie, ces caractéristiques peuvent présenter un avantage car plusieurs études montrent la nécessité d'avoir un équilibre de peuplements l'abri et un entremêlement à fine échelle entre l'abri et la nourriture pour maximiser le potentiel d'un ravage (Germain et al. 1991; Dumont et al. 2011). Ceci est vrai à la condition que la portion d'abri à proximité soit d'excellente qualité, ce qui n'est peut-être pas le cas dans la majorité des ravages à l'étude. Par ailleurs, le maintien d'une bonne qualité d'habitat pour le cerf de Virginie peut avoir des conséquences positives pour d'autres espèces, notamment de petit gibier (Hébert et al. 2013).

4.2 Une occupation des peuplements contradictoire avec le MQH

Résumé des résultats : MQH et brout

- ***Ravage Duchénier : Performance satisfaisante du modèle : prédictions correctes à 76 %.***
- ***Ravage Témiscouata : Performance médiocre du modèle : prédictions correctes à 52 %.***
- ***Ravage Biencourt : Performance satisfaisante du modèle : prédictions correctes à 74 %.***
- ***Ravage Pain de Sucre : Performance passable du modèle : prédictions correctes à 62 %.***
- ***Pour l'ensemble des ravages : différences marquées d'un ravage à l'autre. Confusion entre peuplements de nourriture, nourriture-abri pour des peuplements d'abri.***

Les modèles de régression logistique produits permettent de déterminer si la fréquentation et l'occupation des peuplements par le cerf de Virginie est en adéquation avec les peuplements prédits par le MQH. Il est constaté qu'à l'échelle de tous les ravages, le MQH ne peut pas être prédit adéquatement à partir des données de brout. La prise en compte du brout vient préciser la consommation dans les composantes d'habitat et ne permet pas de statuer quant à la performance du MQH. Le MQH permet en majeure partie de guider l'aménagement afin d'obtenir un entremêlement adéquat des composantes de peuplements avec de l'abri et de la nourriture à petite échelle. De plus, les ravages étant très différents les uns des autres, les variables de brout ne permettent pas de prédire efficacement le MQH. En effet, il est possible que selon les conditions météorologiques, des peuplements d'abri soient utilisés par le cerf de Virginie en hiver pour assurer sa survie.

L'analyse ravage par ravage permet de confirmer que les ravages sont différents entre eux. En particulier, il est noté que le ravage Duchénier montre les meilleures prédictions de MQH avec les variables de brut. Ceci est en adéquation avec les conclusions précédentes. En effet, ce ravage est celui qui présente les caractéristiques les plus conformes à ce qui est attendu pour un ravage de cerf de Virginie en termes de composition de peuplement et occupation. Toutefois, lorsque l'on considère les ravages Duchénier et Biencourt, malgré des prédictions de MQH élevées, une proportion élevée de peuplements de nourriture est prédite comme étant des peuplements d'abri. Il semblerait donc qu'une certaine quantité de peuplements de nourriture ne soient pas fréquentés par le cerf de Virginie. Il est également important de noter que le ravage Duchénier est celui dont la répartition de peuplements selon le MQH est la plus proche des objectifs des plans d'aménagement des ravages de cerf de Virginie (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018b). Ceci explique probablement les bonnes performances du modèle dans ce ravage en particulier.

Concernant les ravages Témiscouata et Pain de Sucre, les performances des modèles sont insatisfaisantes et ne permettent pas de conclure quant à une adéquation entre le MQH et la consommation dans ces peuplements par le cerf de Virginie de ces ravages. En effet, il est constaté que les peuplements d'abri et de nourriture sont confondus par le modèle, et l'occupation qui est faite de ces territoires ne correspond pas au MQH. Ces ravages correspondent à ceux où la proportion de nourriture est la plus faible (Ministère des forêts de la faune et des parcs 2018a) et où les cerfs de Virginie semblent être peu présents (DGFa, communication personnelle).

5. Conclusions 00

L'étude avait deux objectifs : i) analyser l'occupation par le cerf de Virginie des ravages du Bas-Saint-Laurent et ii) comparer les résultats du MQH avec les caractéristiques de brot des différentes composantes d'habitat des ravages.

Une conclusion majeure de l'étude est que les ravages sont différents les uns des autres. Cependant, il est possible de suggérer que **les peuplements d'abri comportent des caractéristiques de nourriture ou sont utilisés par le cerf de Virginie pour se nourrir**. Il semblerait également que **le cerf de Virginie ne soit pas présent de manière régulière** et constante sur l'ensemble des ravages. De plus, des indices tendent à laisser penser que **le cerf de Virginie est en compétition avec l'original** dans certains ravages, notamment le ravage Duchénier.

Le ravage **Duchénier** est celui où la répartition des types de peuplements est la plus proche des objectifs des plans d'aménagement. De plus, l'occupation du territoire par le cerf de Virginie est cohérente avec le MQH, et l'habitat potentiel de ce ravage correspond aux besoins naturels de l'espèce. Il est donc possible d'avancer que **l'adéquation entre les peuplements et les objectifs des plans d'aménagement d'un ravage tend à favoriser la survie et le maintien de la présence du cerf de Virginie dans son ravage**.

Le ravage **Biencourt** présente des caractéristiques semblables au ravage Duchénier. En effet, l'occupation du territoire par le cerf de Virginie semble assez cohérente avec le MQH, malgré une présence sporadique d'individus ces dernières années. Toutefois, on observe que les peuplements d'abri en devenir et d'abri gagneraient à être plus différenciés. Ceci permettrait une présence plus soutenue du cerf de Virginie dans le ravage. **Une intensification des travaux d'aménagement et la poursuite du suivi de la population dans ce ravage permettraient de garantir la pérennité des populations de cerf de Virginie**.

Les ravages **Témiscouata** et **Pain de Sucre** ont des caractéristiques différentes, mais les constats sont similaires. Les peuplements ne semblent pas assez différenciés, notamment les peuplements d'abri sont utilisés comme des peuplements de nourriture et inversement. Ces peuplements sont également ceux qui présentent les plus faibles proportions de peuplements d'abri. **Une intensification des travaux d'aménagement permettrait une régularisation de l'occupation du territoire par le cerf de Virginie et donc assurerai la survie des individus du ravage**.

Pour finir, les conclusions mériteraient d'être complétées par des études complémentaires afin de les valider. Dans un premier temps, la récolte de **données dendrométriques** dans les placettes inventoriées dans cette étude pourra être envisagée. Cela permettra de valider les prédictions du MQH avec les peuplements effectivement présents et de proposer une calibration du MQH si nécessaire. L'utilisation de photos aériennes et des inventaires de cerf de Virginie les plus récents permettront de renforcer des analyses. Dans un second temps, les résultats concernant la fréquentation des ravages par le cerf de Virginie et les composantes dendrométriques seront mis en parallèle avec les **différentes interventions sylvicoles** réalisées dans chacun des peuplements. Cela permettra de tirer des conclusions quant à l'efficacité des aménagements sur la structure des peuplements et leur occupation par le cerf de Virginie.

6. Bibliographie

Brassard, C., and Larocque, C. 1998. Compte-rendu d'une étude sur l'habitat du cerf dans le ravage Duchénier. Société d'exploitation des ressources de la Neigette, Territoire populaire Chénier, Ministère de l'Environnement et de la Faune.

Champagne, E., Moore, B.D., Côté, S.D., and Tremblay, J.-P. 2018. Spatial correlations between browsing on balsam fir by white-tailed deer and the nutritional value of neighboring winter forage. *Ecol. Evol.* **8**(5): 2812–2823. Wiley Online Library.

Courtois, R., Sigouin, D., Ouellet, J., Beaumont, A., and Crête, M. 1994. Mortalité naturelle et d'origine anthropique de l'orignal au Québec. *Minist. Environ. Faune Québec Dir. Faune Habitats Univ. Québec Rimouski Rep.* **2466**: 51.

Demers, P., Goudreault, F., Hénault, M., Pichette, C., Quirion, M., and Zwarts, F. 1996. Les ravages de cerfs de Virginie.

Dumont, A., Ouellet, J.-P., Crête, M., and Huot, J. 2011. Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite nord de son aire de répartition. *Can. J. Zool.* NRC Research Press Ottawa, Canada. doi:10.1139/z98-030.

Gagné, L., Larocque, C., and Roussel-Garneau, É. 2018. Évaluation de la qualité de l'habitat de l'orignal et effet de l'aménagement forestier intensif sur la récolte d'originaux au Bas-Saint-Laurent. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 46p.

Gagné, L., Lesmerises, F., Larocque, C., Roussel-Garneau, É., and Gagnon, L. 2020. Quantité et utilisation du brouet par l'orignal (*Alces americanus*) dans des plantations d'épinette après une première éclaircie commerciale. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 43p.

Germain, G., Potvin, F., and Bélanger, L. 1991. Caractérisation des ravages de cerfs de Virginie du Québec. Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche, Direction de la gestion

Hébert, F., Hénault, M., Lamoureux, J., Bélanger, M., Vachon, M., and Dumont, A. 2013. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. Available from <https://mffp.gouv.qc.ca/nos-publications/guide-amenagement-ravages-cerfs-virginie/> [accessed 25 January 2022].

Huot, J. 1972. Winter Habitat Preferences and Management of White-tailed Deer (*Odocoileus Virginianus Borealis*) in the Thirty-one Mile Lake Area (Gatineau and Labelle Counties, Quebec). PhD Thesis, University of Toronto.

Huot, J. 1973. Le cerf de Virginie au Québec. Ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche.

Lesage, L., Crête, M., Huot, J., Dumont, A., and Ouellet, J.-P. 2011. Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations. *Can. J. Zool.*

NRC Research Press Ottawa, Canada. doi:10.1139/z00-117.

Maltais, J. 2012. Réponse de la végétation et des cerfs après différents traitements sylvicoles dans les ravages du Bas-Saint-Laurent : relecture d'un réseau de parcelles permanentes. Ministère des ressources naturelles et de la faune.

Massé, S., Cheveau, M., Dussault, C., and Blanchette, P. 2012. Guide de l'utilisateur—Extension MRNF-MQH pour ArcGIS: modèles de la qualité de l'habitat pour la faune.

Mattfeld, G.F. 1973. The effect of snow on the energy expenditure of walking white-tailed deer. *In* Transactions of the 30th Northeast Fish and Wildlife Conference, Dover, Vermont. pp. 327–343.

Ministère des forêts de la faune et des parcs. 2018a. Plan d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie de l'unité d'aménagement 011-71. Exercice 2018-2023. Bibliothèque nationale du Québec.

Ministère des forêts de la faune et des parcs. 2018b. Plan d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie de l'unité d'aménagement 012-72. Exercice 2018-2023. Bibliothèque nationale du Québec.

Moen, A.N. 1976. Energy Conservation by White-Tailed Deer in the Winter. *Ecology* **57**(1): 192–198. doi:10.2307/1936411.

Potvin, F. 1995. L'inventaire du brouit: revue des methodes et description des deux techniques. Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement et de la faune, Direction de la faune et des habitats.

Potvin, F., and Breton, L. 1992. Rigueur de l'hiver pour le cerf au Québec: description de l'indicateur prévisionnel NIVA et présentation d'un logiciel approprié. Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche, Direction générale de la ressource faunique, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service de la faune terrestre.

Potvin, F., and Morasse, M. 1988. Utilisation du brouit par le cerf dans une sapinière après coupe: effet de la proximité du couvert. Direction de la gestion des espèces et des habitats, Direction générale de la ressources faunique, Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche.

Ross, S., Larocque, C., and Bélanger, M. 2014. Inventaire aérien dans la zone de chasse 2 à l'hiver 2014. Ministère Dév. Durable L'Environnement Faune Parcs Qué.

Saucier, J.P., Grondin, P., Robitaille, A., Gosselin, J., Morneau, C., Richard, J.H., Sirois, L., Leduc, A., Morin, H., Thiffault, E., Gauthier, S., Lavoie, C., and Payette, S. 2009. Écologie forestière. *In* Manuel de Foresterie, 2ème éd. Éditions Mulitmondes, Québec. pp. 165–316.

Annexe 1 : Classification des peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par le cerf de Virginie (Adapté de Hébert et al. 2013)

Utilisation par le cerf de Virginie selon le MQH	Type de peuplement	Classe de densité: A : densité de couvert ≥ 80 % B : $60\% \leq$ densité de couvert < 80 % C : $40\% \leq$ densité de couvert < 60 % D : $25\% \leq$ densité de couvert < 40 %	Classe de hauteur des tiges dominantes et codominantes 1 : hauteur moyenne ≥ 22 m 2 : $17\text{ m} \leq$ hauteur moyenne < 22 m 3 : $12\text{ m} \leq$ hauteur moyenne < 17 m 4 : $7\text{ m} \leq$ hauteur moyenne < 12 m 5 : $4\text{ m} \leq$ hauteur moyenne < 7 m 6 : $2\text{ m} \leq$ hauteur moyenne < 7 m 7 : hauteur moyenne < 2 m	Classe d'âge
Abri	Résineux ou mixte à dominance résineuse	A, B	1, 2, 3	50 ans et plus
Abri en devenir	Résineux ou mixte à dominance résineuse	A, B	4	30 ans et plus
			5	10 ans et plus
Nourriture	Résineux ou mixte	D	Toutes classes de hauteur	10 ans
		A, B, C	5, 6, 7	
	Feuillus	A, B	5, 6, 7	
		C, D	Toutes classes de hauteur	
Nourriture-abri	Résineux ou mixte à dominance résineuse	A, B	1, 2, 3	30 ans
			4	30 ans et plus
	Mixte à dominance feuillue	C	1, 2, 3, 4	30 ans et plus
			1, 2, 3, 4	30 ans et plus
Peu utilisé	Feuillus	A, B	1, 2, 3, 4	30 ans et plus
	Mélézaies	Tous types de peuplements		
	Improductifs			
	Jeunes plantations			
	Chablis total			

Annexe 2 : Liste des essences échantillonnées dans l'étude (Huot 1972, 1973)

Nom vernaculaire	Nom latin	Code d'essence	Essence appétente pour le cerf de Virginie
Amélanchier	<i>Amelanchier spp.</i>	AME	X
Aulne rugueux	<i>Alnus incana</i>	AUR	
Bouleau jaune	<i>Betula alleghaniensis</i>	BOJ	X
Bouleau à papier	<i>Betula papyrifera</i>	BOP	X
Cerisier de Virginie	<i>Prunus virginiana</i>	PRV	X
Cerisier de Pennsylvanie	<i>Prunus pensylvanica</i>	PRP	X
Chèvrefeuille du Canada	<i>Lonicera canadensis</i>	LON	X
Cornouiller	<i>Cornus spp.</i>	COR	X
Dierville chèvrefeuille	<i>Diervilla lonicera</i>	DIE	
Érable argenté	<i>Acer saccharinum</i>	ERA	
Érable à épis	<i>Acer spicatum</i>	ERE	X
Érable à sucre	<i>Acer saccharum</i>	ERS	X
Érable de Pennsylvanie	<i>Acer pensylvanicum</i>	ERP	X
Érable rouge	<i>Acer rubrum</i>	ERR	X
Frêne noir	<i>Fraxinus nigra</i>	FRN	X
Gadelier	<i>Ribes sp.</i>	RIB	X
Noisetier à long bec	<i>Corylus cornuta</i>	COC	X
Peuplier Baumier	<i>Populus balsamifera</i>	PEB	X
Peuplier faux-tremble	<i>Populus tremuloides</i>	PET	X
Sapin baumier	<i>Abies balsamea</i>	SAB	
Saules	<i>Salix spp.</i>	SAL	X
Sorbier d'Amérique	<i>Sorbus americana</i>	SOA	X
Sureau	<i>Sambucus spp.</i>	SAM	X
Thuja occidental	<i>Thuja occidentalis</i>	THO	X
Viorne à feuilles d'Aulne	<i>Viburnum lantanoides</i>	VIL	X
Viorne Comestible	<i>Viburnum edule</i>	VIE	X
Viorne trilobée	<i>Viburnum trilobum</i>	VIT	X

Annexe 3 : Description des régressions multinomiales

Rappelons que les régressions logistiques multinomiales considèrent une des catégories de la variable à expliquer comme étant la référence. Dans notre cas, la référence sera constituée par le MQH correspondant à « l’abri ». Les régressions logistiques multinomiales résultent également en l’estimation de rapports de cotes (odds-ratio) qui permettent de comparer l’effet de chaque variable explicative dans un MQH comparativement à « l’abri ». Afin d’identifier les différences entre l’abri et les autres composantes d’habitat, des logarithmes des rapports de cote (logRC) peuvent être utilisés. Ainsi, un rapport de cote supérieur à 1 donnera un logRC positif et un rapport de cote inférieur à 1 donnera un logRC négatif. Une probabilité (p-value) est associée à chaque logRC qui estime la probabilité pour que ce logRC soit différent de 0. Lorsque cette probabilité est inférieure à 0,05, il est considéré que le logRC est statistiquement différent de 0. En conséquence, un logRC positif et significatif indiquera que la variable considérée a un poids plus fort dans le type de peuplement considéré que dans l’abri. Au contraire, un logRC négatif et significatif indiquera que la variable considérée a un poids plus faible dans le type de peuplement considéré que dans l’abri.

La première régression multinomiale construite permettait d’exprimer le MQH de chaque peuplement en fonction de la production de ramilles, l’utilisation et l’importance pour chaque essence dans l’ensemble des ravages. Rappelons que ce modèle prend les peuplements d’abri pour référence. L’objectif premier de cette modélisation est de confronter les prédictions du modèle avec les observations des peuplements. Ainsi, les rapports de cote estimés peuvent permettre de déterminer l’effet d’une des variables dans un type de MQH comparativement à l’abri. Il s’agit donc de variables qui permettent de différencier chacun des MQH. Rappelons que pour éviter de donner un poids disproportionné aux espèces les moins représentées, des regroupements d’espèces ont été réalisés en considérant la famille botanique et la taille de l’espèce. Ces regroupements d’essences sont reportés dans le **Tableau 2**.

Un total de 18 logRC est significatif dans ce modèle (**Tableau A1**). La plupart de ces logRC sont négatifs, ce qui montre qu’une valeur plus élevée de ces variables sera plus caractéristique des peuplements d’abri en devenir, de nourriture et de nourriture-abri que des peuplements d’abri. Il est constaté que 12 de ces 18 variables concernent des variables de production. Selon ce modèle, il semblerait également que les peuplements d’abri en devenir soient ceux dont les caractéristiques de brouet permettent de différencier le plus des peuplements d’abri. En effet, neuf des 18 variables significatives concernent les logRC de l’abri en devenir comparativement à l’abri. Enfin, il est difficile de détecter une quelconque affinité avec un regroupement d’essence en particulier dans ces logRC. Notons seulement que le noisetier permet de différencier tous les types de peuplements comparativement aux peuplements d’abri.

Tableau A1 : Logarithme des rapports de cote (logRC) du modèle de régression multinomiale incluant l'ensemble des données

		logRC abri en devenir/abri	logRC nourriture/abri	logRC nourriture- abri/abri
Production	BOU	-0,0395	-	-0,0223
	ER	-	-	-
	PEU	-	0,0226	-0,0245
	FD	-	-	-0,0220
	SAB	-	-	-
	THO	-0,0210	-0,0135	-
	ROS	-	-	-
	ros	-	-0,00204	-
	PRU	-	-	-
	er	-0,0223	-	-
	CAP	-0,0155	-	-
	COC	-0,0278	-	-
	SUR	-0,0102	-	-
Utilisation	BOU	-	-	-
	ER	-	-	-
	PEU	-	-	-
	FD	-0,193	-	0,0409
	SAB	-	-	-
	THO	-	-	-
	ROS	-	-	-
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	0,0489	0,0388	0,0319
SUR	-	-	-	
Importance	BOU	-	-	-
	ER	-	-	-
	PEU	-	-	-
	FD	-0,510	-	-
	SAB	-	-	-
	THO	-	-	-
	ROS	-	-	-
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
SUR	-	-	-	

Bleu : logRC négatifs, rouge : logRC positifs

Un total de 36 logRC est significatif dans le modèle logistique multinomial appliqué au ravage Témiscouata (Tableau A2). Il est constaté que les variables qui permettent de différencier les peuplements d'abri des autres types de peuplements sont des variables d'utilisation (cinq sur 12) et d'importance (six sur 12). Concernant les variables de production, il est difficile de dégager des tendances claires. Notons juste qu'il semblerait que la production de ROS soit caractéristique des peuplements d'abri comparativement aux peuplements de nourriture et nourriture-abri (logRC positifs). Par ailleurs, une utilisation élevée des espèces ER est caractéristique des peuplements d'abri comparativement aux peuplements de nourriture, nourriture-abri et d'abri en

devenir. Enfin, les peuplements d’abri sont caractérisés par de faibles utilisations de ROS et ros tandis que les peuplements de nourriture et nourriture-abri se signalent par une utilisation élevée de ER.

Tableau A2 : Logarithme des rapports de cote (logRC) du modèle de régression multinomiale ajusté sur les données issues du ravage *Témiscouata*

		logRC abri en devenir/abri	logRC nourriture/abri	logRC nourriture-abri/abri
Production	BOU	-	-	-4,72
	ER	-	-	-
	PEU	-1,08	-	-
	FD	-	-	-
	SAB	-0,0258	-	-
	THO	-	-	-
	ROS	-	7,05	10,0
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-3,11	-	-
Utilisation	BOU	-	-	-
	ER	5,38	2,18	2,26
	PEU	6,20	54,2	-
	FD	-	-	-
	SAB	-2,47	-	-
	THO	2,50	-	-
	ROS	-2,30	-4,13	-
	ros	18,5	11,2	-
	PRU	37,9	1,90	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-	-	-
Importance	BOU	-	6,54	-
	ER	-3,53	2,05	2,01
	PEU	-	-31,5	-18,3
	FD	-	-	-
	SAB	-1,63	-	-
	THO	-3,68	-	-
	ROS	-1,38	-2,48	-1,77
	ros	-5,04	-5,56	-6,90
	PRU	-	0,625	-11,5
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-	-	-8,62

Bleu : logRC négatifs, rouge : logRC positifs

Un total de 40 logRC est significatif dans le modèle logistique multinomial appliqué au ravage Duchénier (Tableau A3). Il est constaté que les variables qui permettent de différencier les peuplements d’abri des autres types de peuplements sont principalement des variables d’utilisation (16 sur 40) et d’importance (15 sur 40). De plus, concernant les variables de production, il est difficile de dégager des tendances claires. Notons juste qu’il semblerait que la production de SAB soit caractéristique des

peuplements d’abri comparativement aux peuplements de nourriture, nourriture-abri et d’abri en devenir (logRC positifs). Par ailleurs, une faible utilisation du SAB et une forte utilisation du COC est caractéristique des peuplements d’abri comparativement aux peuplements de nourriture, nourriture-abri et d’abri en devenir. Une utilisation élevée de ROS est caractéristique des peuplements de nourriture comparativement aux peuplements d’abri, de nourriture-abri et d’abri en devenir. Enfin, les peuplements d’abri sont caractérisés par de faibles utilisations de SAB et PRU tandis que les peuplements de nourriture se signalent par une utilisation élevée de THO. Les peuplements d’abri en devenir sont caractérisés par des utilisations élevées de ROS.

Tableau A3 : Logarithme des rapports de cote (logRC) du modèle de régression multinomiale ajusté sur les données issues du ravage Duchénier

		logRC abri en devenir/abri	logRC nourriture/abri	logRC nourriture-abri/abri
	BOU	-	-	-
	ER	-	-	-
	PEU	-6,02	-	-0,0626
	FD	-	-	-
	SAB	47,6	21,8	47,6
	THO	-	-17,8	-
Production	ROS	-	-	-
	ros	-	-	-
	PRU	76,6	97,2	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-0,0453	-	-
	SUR	-	-	-
	BOU	-	-	-
	ER	-	-	-
	PEU	-2,79	0,0391	-
	FD	-	-	-
	SAB	-0,275	-1,99	-0,295
	THO	-	-21,4	-
Utilisation	ROS	-48,7	8,91	-1,22
	ros	5,07	-7,20	-
	PRU	104	126	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	0,0989	0,0531	0,0779
	SUR	-	-	-
	BOU	-	-	-13,8
	ER	-	-	-
	PEU	-	-	-
	FD	-	-	-
	SAB	-18,3	-12,2	-18,3
	THO	-4,39	4,22	10,4
Importance	ROS	24,3	-34,3	2,87
	ros	-41,1	-20,3	-
	PRU	-186	-230	-141
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-	-	-

Bleu : logRC négatifs, rouge : logRC positifs

Un total de 50 logRC est significatif dans le modèle logistique multinomial appliqué au ravage Biencourt (**Tableau A4**). Il est constaté que les variables qui permettent de différencier les peuplements d’abri des autres types de peuplements sont équitablement réparties entre les variables de production (16 sur 50), d’utilisation (17 sur 50) et d’importance (17 sur 50). Concernant les variables de production, une faible production de BOU, ER et er est caractéristique des peuplements d’abri comparativement aux autres types de peuplements (logRC négatifs). Par ailleurs, une production élevée de THO est caractéristique des peuplements de nourriture-abri comparativement aux autres types de peuplement. Par ailleurs, il est difficile de dégager une tendance claire dans la différenciation des peuplements à l’aide des variables d’utilisation. Il est possible de noter que les peuplements de nourriture et d’abri en devenir semblent être caractérisés par des utilisations élevées de THO. Enfin, lorsque l’on s’intéresse aux variables d’importance, il est possible de mentionner que les peuplements d’abri en devenir sont caractérisés par des importances élevées de ROS. De plus, les peuplements de nourriture-abri se démarquent par une utilisation élevée de SUR. Finalement, il semblerait que les peuplements de nourriture et d’abri en devenir se distinguent par des importances élevées de THO. Rappelons que seul un peuplement de nourriture-abri a pu être échantillonné dans le ravage Biencourt, en raison de difficulté d’accès.

Tableau A4 : Logarithme des rapports de cote (logRC) du modèle de régression multinomiale ajusté sur les données issues du ravage Biencourt

		logRC abri en devenir/abri	logRC nourriture/abri	logRC nourriture-abri/abri
Production	BOU	-20,3	-0,0455	-0,634
	ER	-0,147	-0,0353	-3,40
	PEU	-	-	-
	FD	-	-	-
	SAB	14,1	14,1	-
	THO	-7,32	-17,5	9,28
	ROS	-	-	-0,989
	ros	-	-	-2,79
	PRU	-	-	-
	er	-0,0396	-0,0222	-0,0327
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-	-	-
Utilisation	BOU	-0,311	7,25	-
	ER	0,384	-	-6,03
	PEU	1,77	-	-5,19
	FD	-	-	-
	SAB	1,81	1,80	-
	THO	2,51	8,96	-4,21
	ROS	-3,18	12,3	-
	ros	-	-	0,677
	PRU	-	-	17,0
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-1,77
	SUR	-	-	-4,75
Importance	BOU	-	-11,1	-
	ER	-	-	8,86
	PEU	-3,51	-	-
	FD	-	-	-
	SAB	-10,9	-10,9	-
	THO	2,51	8,96	-4,21
	ROS	4,42	-14,2	-9,86
	ros	-	-	-2,76
	PRU	-	-	-12,1
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-0,531	-0,0637	0,194
	SUR	-	-	4,59

Bleu : logRC négatifs, rouge : logRC positifs

Un total de 33 logRC est significatif dans le modèle logistique multinomial appliqué au ravage Pain de Sucre (Tableau A5). Il est constaté que les variables qui permettent de différencier les peuplements d’abri des autres types de peuplements sont principalement des variables d’utilisation (13 sur 33) et d’importance (12 sur 33). Concernant les variables de production, une faible production de ER est caractéristique des peuplements d’abri comparativement aux autres types de peuplements (logRC négatifs). Par ailleurs, une utilisation élevée de ER et une utilisation faible de PEU est caractéristique des peuplements d’abri relativement aux autres types de peuplement. Enfin, lorsque l’on s’intéresse aux variables d’importance, il est possible de mentionner que les peuplements d’abri sont caractérisés par des importances élevées de PEU. De plus, les peuplements d’abri en devenir se démarquent par une utilisation élevée de ROS.

Tableau A5 : Logarithme des rapports de cote (logRC) du modèle de régression multinomiale ajusté sur les données issues du ravage Pain de Sucre

		logRC abri en devenir/abri	logRC nourriture/abri	logRC nourriture-abri/abri
Production	BOU	-1,01	-	-
	ER	1,07	3,58	3,51
	PEU	-	0,0536	-
	FD	-	-	-
	SAB	-	-	-
	THO	-	-	-
	ROS	-0,206	-0,159	-
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-5,96	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-	-	-
Utilisation	BOU	0,861	-	-1,83
	ER	0,656	0,780	0,778
	PEU	-2,08	-1,53	-1,51
	FD	-	-	-
	SAB	-	-	-53,63
	THO	-	-1,98	-
	ROS	-2,00	-0,611	-
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	-0,587	-	-
Importance	BOU	-0,874	-	-
	ER	0,0162	0,0531	-
	PEU	3,73	3,05	3,06
	FD	-	-	-
	SAB	-	-	2,42
	THO	-	-0,000602	-
	ROS	0,258	-0,675	-1,56
	ros	-	-	-
	PRU	-	-	-
	er	-	-	-
	CAP	-	-	-
	COC	-	-	-
	SUR	0,460	-	-

Bleu : logRC négatifs, rouge : logRC positifs

Annexe 4 : Quelques éléments de compréhension statistiques

Dans le présent document, nous utilisons un type de régression nommé la régression multinomiale. Ce type d'analyse statistique est pertinent lorsque la **variable à prédire est dite qualitative**, c'est-à-dire que ses valeurs sont constituées de catégories. Dans notre cas, la variable à prédire est le MQH, qui peut prendre quatre valeurs : « abri », « abri en devenir », « nourriture » et « nourriture-abri ». Les **variables explicatives sont quant à elles dites quantitatives**, c'est-à-dire que ce sont des variables dont la valeur est un nombre. Dans notre cas, ces valeurs sont les productions, utilisations et importances pour chaque espèce végétale échantillonnée. Ce sont des nombres exprimés en pourcentage, et donc compris entre 0 et 100.

Plusieurs utilisations peuvent être faite des résultats de ces régressions multinomiales. Une première façon d'interpréter ces modèles est d'observer les différents rapports de cotes estimés. Cela peut permettre d'identifier de manière fine les différences entre les différentes catégories prédites. Bien que cela présente un intérêt certain, ce n'est pas l'approche qui a été choisie ici. Nous avons plutôt choisi de nous intéresser au **potentiel de prédiction** d'un tel modèle. Pour cela, des matrices de confusion ont été bâties. Les matrices de confusion permettent d'estimer une **performance d'un modèle**, ainsi que de détecter quelles sont les catégories prédites qui influencent le plus la performance du modèle.

Pour expliquer comment une matrice de confusion est obtenue, prenons l'exemple du jeu de données fictif suivant. Dans ce jeu de donnée, chaque ligne est une observation dont le **MQH observé** est reporté, mais aussi un **MQH prédit** par un modèle multinomial est reporté.

N° observation	MQH observé	MQH prédit	N° observation	MQH observé	MQH prédit
1	Abri	Abri	21	Nourriture	Abri
2	Abri	Abri	22	Nourriture	Nourriture
3	Abri	Nourriture-abri	23	Nourriture	Nourriture
4	Abri	Abri	24	Nourriture	Nourriture
5	Abri	Abri	25	Nourriture	Abri
6	Abri	Nourriture	26	Nourriture	Nourriture
7	Abri	Abri	27	Nourriture	Nourriture
8	Abri	Abri	28	Nourriture	Nourriture-abri
9	Abri	Nourriture-abri	29	Nourriture	Nourriture
10	Abri	Abri	30	Nourriture	Nourriture
11	Abri en devenir	Abri en devenir	31	Nourriture-abri	Nourriture-abri
12	Abri en devenir	Abri en devenir	32	Nourriture-abri	Abri
13	Abri en devenir	Nourriture-abri	33	Nourriture-abri	Nourriture-abri
14	Abri en devenir	Abri en devenir	34	Nourriture-abri	Nourriture-abri
15	Abri en devenir	Abri en devenir	35	Nourriture-abri	Abri
16	Abri en devenir	Abri en devenir	36	Nourriture-abri	Abri en devenir
17	Abri en devenir	Nourriture-abri	37	Nourriture-abri	Nourriture-abri
18	Abri en devenir	Abri en devenir	38	Nourriture-abri	Nourriture-abri
19	Abri en devenir	Abri en devenir	39	Nourriture-abri	Abri
20	Abri en devenir	Nourriture	40	Nourriture-abri	Nourriture-abri

Dans cet exemple fictif, 10 observations de chaque type de peuplements ont été faites, pour un total général de 40 observations. Puis, pour chacun des types de peuplement, le nombre de prédictions correctes est reporté, c'est-à-dire, lorsque la valeur entre le MQH observé et le MQH prédit est la même. Ce calcul donne le tableau suivant.

		Observations				
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	Total
Prédictions	Abri	7				
	Abri en devenir		7			
	Nourriture			7		
	Nourriture-abri				6	
	Total	10	10	10	10	40

Ainsi, la performance du modèle est calculée :

$$\frac{7 + 7 + 7 + 6}{40} \times 100 = 67,5 \%$$

Ce modèle permet donc de prédire adéquatement **67,5 % des observations faites**. Une fois cette valeur obtenue, il peut être intéressant de connaître la façon dont ont été prédites les observations incorrectes. Cela peut permettre de détecter si des catégories sont proches ou non. Ainsi, les cases du tableau précédent sont remplies.

		Observations				
		Abri	Abri en devenir	Nourriture	Nourriture-abri	Total
Prédictions	Abri	7	0	2	3	12
	Abri en devenir	0	7	0	1	8
	Nourriture	1	1	7	0	9
	Nourriture-abri	2	2	1	6	11
	Total	10	10	10	10	40

À l'aide de ce tableau complété, on peut constater, dans cet exemple fictif, que le modèle prédit plus de peuplements d'abri et de nourriture-abri qu'observé. En particulier, le modèle prédit de manière erronée des peuplements d'abri dans les peuplements de nourriture et de nourriture abri dans **41,7 % des cas**. En effet :

$$\frac{3 + 2}{12} \times 100 = 41,7 \%$$

De plus, le modèle prédit des peuplements de nourriture-abri de manière erronée alors que ce sont des peuplements d'abri et d'abri en devenir. Ceci se produit dans **36,4 % des cas** :

$$\frac{2 + 2}{11} \times 100 = 36,4 \%$$

À partir de ce tableau, appelé matrice de confusion, des interprétations peuvent être faites quant aux performances du modèles.