

# Rapport technique

**Projet** **N° 23-1020**  
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

---

PAR Daniel Gouge, ing.f, M. Sc.  
Samuel Rosner, biol., Ph. D.  
Maxime Brousseau, ing.f, M. Sc.  
Vincent Gauthray-Guyénet, biol., Ph. D.

---

PRÉSENTÉ À Collectif régional de développement du Bas-Saint-  
Laurent



### **Mots-clés :**

Modèle de qualité d'habitat, cerf de Virginie, habitat, nourriture, abri, sylviculture, traitements sylvicoles.

### **Référence à citer :**

Gouge, D., Rosner, S., Brousseau, M., Gauthray-Guyénet, V. 2024. 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. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2024-04. 52 pages



## Analyse et rédaction

### **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**

Daniel Gouge

Samuel Rosner

Maxime Brousseau

Vincent Gauthray-Guyénet

## Contribution financière et bénéficiaire du projet

### **Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent (CRDBSL)**

Programme d'aménagement durable des forêts

**Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), DGFa**

**Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), DGFo**

## Partenaires du projet

### **Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent (CRDBSL)**

Franceschini Tony, ing.f., Ph. D.

Laurent Gagné, biol., M.Sc

### **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**

Gilles Joanisse, biol., Ph. D.

Vincent Gauthray-Guyénet, biol., Ph. D.

### **Gouvernement du Québec**

Élise Roussel-Garneau, biol., DGFa-01

Luc Gagnon, ing.f., DGFo-01

Manon Perreault, biol., DGFo-01

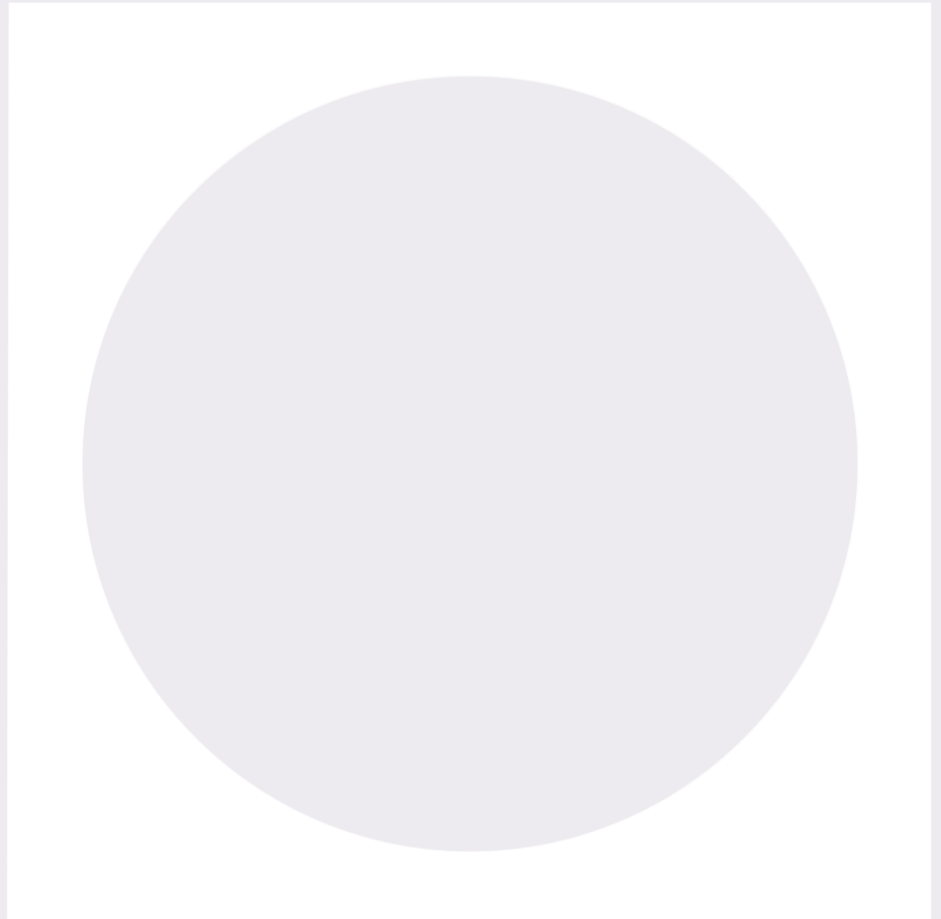


# Table des matières

<b>Analyse et rédaction</b>	<b>3</b>
<b>Contribution financière et bénéficiaire du projet</b>	<b>3</b>
<b>Partenaires du projet</b>	<b>3</b>
<b>Table des matières</b>	<b>4</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>6</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>7</b>
<b>Résumé</b>	<b>10</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>11</b>
<b>Introduction</b>	<b>13</b>
<b>Objectifs de l'étude</b>	<b>14</b>
<b>Importance des ravages</b>	<b>15</b>
<b>Dispositions légales pour la préservation de la qualité des aires de confinement</b>	<b>15</b>
<b>Modèle de qualité d'habitat du cerf de Virginie</b>	<b>15</b>
<b>1. Matériel et méthodes</b>	<b>17</b>
1.1. Secteur à l'étude	17
1.2. Caractérisation de l'habitat	19
1.3. Présence et utilisation par le cerf de Virginie	19
<b>2. Objectif 1 – Validation entre les données écoforestières et les données issues des inventaires</b>	<b>20</b>
<b>3. Objectif 2 – Correspondances entre les types de peuplement et la présence de cerf</b>	<b>28</b>
<b>4. Objectif 3 – Effets des interventions sylvicoles sur la fréquentation du cerf de Virginie</b>	<b>36</b>
<b>5. Considérations méthodologiques</b>	<b>43</b>



<b>6. Conclusion générale</b>	<b>43</b>
<b>7. Recommandations finales</b>	<b>44</b>
<b>8. Liste des références</b>	<b>46</b>





## Liste des figures

<b>FIGURE 1 :</b> Carte des 4 ravages du cerf de Virginie inventoriés dans le cadre de la présente étude dans la région du Bas-Saint-Laurent.	18
<b>FIGURE 2 :</b> Dispersion des données de distance d'une parcelle par rapport à la bordure d'un réseau de pistes en fonction de la classe de qualité de l'habitat associé à cette parcelle à partir des données obtenues sur le terrain. Les boîtes représentent l'intervalle dans lequel se situent 50 % des données. La ligne qui recoupe chaque boîte représente la médiane.	31
<b>FIGURE 3 :</b> Dispersion des données de distance d'une parcelle par rapport à la bordure d'un réseau de pistes en fonction de la classe de qualité de l'habitat associé à cette parcelle à partir des données cartographiques. Les boîtes représentent l'intervalle dans lequel se situent 50 % des données. La ligne qui recoupe chaque boîte représente la médiane.	33
<b>FIGURE 4 :</b> Distance moyenne des 3 classes d'IQH significativement différentes entre elles.	34
<b>FIGURE 5 :</b> Nombre de ramilles broutées par hectare en fonction des différents types de traitements sylvicoles pour les 470 données de brouts dont l'origine était connue.	39
<b>FIGURE 6 :</b> Nombre de ramilles broutées par hectare pour les coupes totales et les plantations de 20 à 50 ans.	40
<b>FIGURE 7 :</b> Nombre de ramilles broutées par hectare en fonction des différents types de traitements sylvicoles pour les 317 parcelles de brouts dont la perturbation était connue.	41



## Liste des tableaux

<b>TABLEAU 1</b> : Classes d'indice de qualité de l'habitat du cerf de Virginie et critères associés adaptés à la région du Bas-Saint-Laurent (adapté de Hébert <i>et al.</i> 2013).	16
<b>TABLEAU 2</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes de hauteur (voir <b>TABLEAU 1</b> ) issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude.	20
<b>TABLEAU 3</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes de hauteur (voir <b>TABLEAU 1</b> ) issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude.	21
<b>TABLEAU 4</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes de recouvrement (voir <b>TABLEAU 1</b> ) issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude.	21
<b>TABLEAU 5</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude.	23
<b>TABLEAU 6</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Biencourt.	23
<b>TABLEAU 7</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Duchénier.	24
<b>TABLEAU 8</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Pain de Sucre.	24
<b>TABLEAU 9</b> : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Témiscouata.	25
<b>TABLEAU 10</b> : Représentation visuelle des différentes sources d'incohérence majeure et de leur pourcentage d'occurrence.	26
<b>TABLEAU 11</b> : Nombre d'absences et de présences de fèces, et pourcentage de présence pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données prises lors de l'inventaire de terrain.	28
<b>TABLEAU 12</b> : Résultats du modèle logistique mixte reliant les chances de présence de fèces en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. L'intercept représente la valeur pour la classe « Abri », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Une valeur négative indique une présence plus faible de fèces par rapport à l'intercept « Abri », et inversement les estimations et erreurs types sont présentées avec une transformation <i>logit</i> propre aux modèles logistiques.	28
<b>TABLEAU 13</b> : Nombre d'absences et de présences de fèces, et pourcentage de présence pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données cartographiques.	29
<b>TABLEAU 14</b> : Résultats du modèle logistique mixte reliant les chances de présence de fèces en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat cartographique. L'intercept représente la valeur pour la classe	



« Abri », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Une valeur négative indique une présence plus faible de fèces par rapport à l'intercept « Abri », et inversement. Les estimations et erreurs types sont présentées avec une transformation <i>logit</i> propre aux modèles logistiques.	29
<b>TABLEAU 15</b> : Nombre de parcelles d'inventaire présentes et absentes d'un tampon de 1 000 m autour des réseaux de pistes pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données obtenues sur le terrain.	30
<b>TABLEAU 16</b> : Résultats du modèle mixte expliquant la distance entre une parcelle et le réseau de pistes le plus proche en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. L'intercept représente la distance moyenne en mètres pour la classe « Abri », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Une valeur négative indique une distance plus faible au réseau de pistes le plus proche, et inversement. Les résultats significatifs sont surlignés en gris.	30
<b>TABLEAU 17</b> : Nombre de parcelles d'inventaire présentes et absentes dans un tampon de 1 000 m autour des réseaux de pistes pour chacune des classes d'IQH calculées à partir des données obtenues par cartographie.	32
<b>TABLEAU 18</b> : Résultats du modèle mixte expliquant la distance entre une parcelle et le réseau de pistes le plus proche en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. L'intercept représente la distance moyenne en mètres pour la classe « abri », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Une valeur négative indique une distance plus faible au réseau de pistes le plus proche, et inversement. Les résultats significatifs sont surlignés en gris.	32
<b>TABLEAU 19</b> : Types de traitements sylvicoles regroupés pour les analyses de l'objectif 3.	36
<b>TABLEAU 20</b> : Répartition des perturbations « Majeures » dans les 292 parcelles inventoriées entre les différents ravages échantillonnés	37
<b>TABLEAU 21</b> : Répartition des perturbations « Mineures » dans les 292 parcelles inventoriées entre les différents ravages échantillonnés	37
<b>TABLEAU 22</b> : Répartition des perturbations « Majeures » dans les parcelles de brouts entre les différentes classes d'âge	37
<b>TABLEAU 23</b> : Répartition des perturbations « Mineures » dans les parcelles de brouts entre les différentes classes d'âge	38
<b>TABLEAU 24</b> : Présentation du total d'échantillonnage, des absences, des présences, et du pourcentage de présences de fèces pour les différentes perturbations de type « Majeures »	38
<b>TABLEAU 25</b> : Présentation du total d'échantillonnage, des absences, des présences, et du pourcentage de présences de fèces pour les différentes perturbations de type « Mineure ». Les lettres « a » et « b » représentent les traitements sylvicoles qui diffèrent	38
<b>TABLEAU 26</b> : Résultats du modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broutées en fonction du traitement sylvicole de type origine. L'intercept représente la valeur pour la classe « Coupes totales », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Les résultats significatifs sont grisés.	40



**TABEAU 27** : Résultats du modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broutées en fonction du traitement sylvicole de type perturbation. L'intercept représente la valeur pour la classe « Éclaircies commerciales », et la significativité des autres classes est calculée en comparaison à l'intercept. Les résultats significatifs sont grisés.

41



## Résumé

En 2021, le Collectif régional de développement (CRD) du Bas-Saint-Laurent (BSL) et les DGFO et DGFA ont amorcé un projet dont l'objectif général visait à caractériser de manière détaillée l'occupation des ravages du cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent et les comparer avec les résultats du modèle de qualité de l'habitat (MQH). Le MQH permet d'évaluer le potentiel d'habitat pour le cerf de Virginie de chaque peuplement selon ses caractéristiques dendrométriques et de composition du peuplement. Le projet actuel s'inscrit dans la poursuite de ces travaux. Les trois objectifs principaux sont de **1)** valider la classification d'habitats par le MQH avec des données obtenues sur le terrain, **2)** comparer les résultats du modèle de qualité d'habitat avec les indices de présence du cerf de Virginie, **3)** évaluer l'impact des traitements sylvicoles sur les indices de présence du cerf de Virginie.

Quatre ravages de cerfs de Virginie dans la région du Bas-Saint-Laurent ont été échantillonnés. Des inventaires forestiers ont été effectués en 2023, mesurant des variables telles que la hauteur, la densité et le type de couvert forestier dans 332 parcelles. Des relevés de fèces et des survols aérien ont été réalisés dans les quatre ravages pour évaluer la présence et l'utilisation du territoire par les cerfs de Virginie. Ces données ont également été complétées avec des inventaires de brouts réalisés en 2021 et 2022. Des données cartographiques qui reflètent les résultats du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM) ont également été utilisées afin de valider les données sur lesquelles se basent les stratégies de gestion de l'habitat du cerf.

(1) Les résultats indiquent que le potentiel d'habitat pour le cerf de Virginie déterminé par les données de l'IEQM et par les données d'inventaire forestier présentait une correspondance partielle de 74 % et une correspondance exacte de 57 %. Cette différence s'explique majoritairement par la différence d'échelle des données, à savoir l'échelle du peuplement pour le MQH et l'échelle de la placette pour les données récoltées sur le terrain. (2) Les résultats semblent confirmer l'importance des peuplements de type « abri » dans les ravages de cerfs de Virginie du fait de leur plus grande utilisation. La proportion de peuplement avec une présence de fèces était plus élevée dans les peuplements de type « abri » que dans ceux de type « nourriture-abri ». De plus, les réseaux de pistes étaient en moyenne plus près de la classe « abri » que des classes « nourriture » et « nourriture-abri ». (3) Enfin, les analyses mettent en évidence que les coupes partielles et les éclaircies commerciales sont utilisées et fréquentées par les cerfs de Virginie. Également, parmi les peuplements ayant été affectés par une perturbation majeure, il est probable que les plantations soient plus utilisées par le cerf de Virginie que les autres types de perturbations majeures. Une analyse plus approfondie considérant différentes classes d'âges depuis la perturbation devra cependant être réalisée afin de consolider le résultat obtenu.

Le projet a permis de valider la pertinence de l'utilisation du MQH dans la caractérisation de l'habitat du cerf de Virginie dans les ravages étudiés. Ceci a été établi par la validation terrain ainsi que par l'étude de la fréquentation et de l'utilisation des peuplements par les cerfs de Virginie. De plus, il a été montré que certains traitements sylvicoles sont associés à une utilisation plus importante par le cerf de Virginie. Il serait pertinent de confirmer ces résultats sur d'autres ravages, en mettant en place un échantillonnage permettant de répondre aux questions spécifiques de recherche. Enfin, l'utilisation de technologies avancées comme le Lidar permettrait de consolider les analyses.



## Liste des abréviations

**BSL :** Bas-Saint-Laurent

**CRD :** Collectif régional de Développement du Bas-Saint-Laurent

**IÉQM :** Inventaire écoforestier du Québec méridional

**IQH :** Indice de qualité de l'habitat

**Lidar :** *Light detection and ranging* (détection et télémétrie par la lumière)

**MQH :** Modèle de qualité de l'habitat

**MELCCFP :** Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

**MRNF :** Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

**TLGIRT :** Table locale de gestion intégrée des ressources et du territoire

**UA :** Unité d'aménagement

## Traitements

**BR :** Brûlis

**CBA :** Coupe en bande

**CP :** Coupe partielle

**CPRS :** Coupe avec protection de la régénération et des sols

**CPRS-U :** Coupe avec protection de la régénération et des sols, uniforme

**CPRS-U-SLEG :** Coupe avec protection de la régénération et des sols, uniforme et sans lègue biologique

**CT :** Coupe totale

**DEG :** Dégagement

**EC :** Éclaircie commerciale

**EPC :** Éclaircie précommerciale

**EL :** Épidémie légère

**ES :** Épidémie sévère



**PL ou P** : Plantation



# Introduction

## Les populations de cerfs de Virginie

Les populations de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) du Bas-Saint-Laurent sont à la limite nordique de leur aire de répartition. Elles sont confrontées à des hivers rigoureux qui ont une grande influence sur le taux de mortalité (Potvin and Breton, 1992). La qualité de l'habitat joue ainsi un rôle déterminant pour la survie hivernale des cerfs de Virginie. L'aménagement forestier peut alors être un outil afin de stimuler la production de nourriture tout en maintenant la présence de couvert forestier, deux composantes primordiales pour un habitat hivernal de qualité. Pour aider les aménagistes dans l'évaluation des composantes d'habitat du cerf de Virginie, une clé d'évaluation, basée sur le guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie (Hébert et al., 2013), a été publiée par le ministère responsable de la faune et intégrée à un outil géomatique (Faune-MQH 1.2.6) (Massé et al., 2013). Cette clé fait partie des trois types de modèles permettant d'évaluer la qualité de l'habitat chez les espèces fauniques pour lesquels l'expression « modèle de qualité d'habitat » (MQH) est utilisée indistinctement. (Cheveau et al., 2013).

En 2021, le Collectif régional de développement (CRD) du Bas-Saint-Laurent (BSL) a mené, par le biais de la table locale de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT), une étude afin de caractériser l'occupation des ravages du cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent et les comparer avec les résultats du MQH. Des parcelles d'inventaire forestier permanentes ont été visitées pour estimer la production de brout et son utilisation par les cervidés en hiver (méthode de Potvin, 1995) dans les différentes classes d'habitats de quatre aires de confinement du cerf de Virginie (communément appelés ravages) : Témiscouata, Duchénier, Pain de Sucre et Biencourt. Les ravages ont été sélectionnés en raison de la présence reconnue de cerfs de Virginie. Les résultats de cette première étude ont permis de constater des différences entre les ravages et entre les types d'habitats fournis par le MQH (Franceschini et al., 2023).



## Objectifs de l'étude

Le projet actuel s'insère dans un deuxième volet qui vise à déterminer si la classification d'habitats du MQH issu des données cartographiques du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional (IÉQM) peut être validée par des données issues d'inventaires.

Le projet se décline selon trois objectifs :

**1.**

Vérifier si la classification d'habitats provenant du MQH prédit à partir du cinquième IÉQM est validé par les données forestières observées sur le terrain, ainsi que par les photos aériennes.

**2.**

Déterminer si les résultats du MQH peuvent être validés à l'aide de relevés de fèces et d'inventaires aériens de réseaux de pistes.

**3.**

Évaluer l'effet des traitements sylvicoles sur la présence des cerfs de Virginie via des relevés de brouts et des relevés de fèces.

Ces objectifs sont abordés dans trois sections distinctes. Chacune présente les analyses statistiques réalisées, les résultats, leur interprétation et des recommandations. L'ensemble des recommandations sont regroupées dans les sections 6 et 7 du rapport.



## Importance des ravages

Plusieurs facteurs peuvent influencer la survie des cerfs de Virginie, mais au Québec, il est reconnu que la rigueur de l'hiver est l'un des facteurs les plus contraignants pour la survie des individus (Lebel & De Bellefeuille, 2021). En effet, les conditions hivernales particulièrement rigoureuses au BSL peuvent entraîner un taux de mortalité dépassant les 40 % (Potvin and Breton, 1992). Pour survivre à ces conditions, les cerfs de Virginie se regroupent dans des peuplements forestiers qui présentent des caractéristiques particulières où ils développent et entretiennent un réseau de sentiers. Chaque année, dès le début de la période hivernale, les cerfs migrent vers les ravages (Lesage *et al.*, 2000; Verme, 1973). Ces regroupements permettent de minimiser les dépenses énergétiques en établissant des réseaux de pistes pour se nourrir et éviter les prédateurs.

Certains ravages peuvent atteindre plus de 100 km<sup>2</sup> et abriter des milliers d'animaux pendant plusieurs mois chaque année (Gouvernement du Québec, 2023). À l'intérieur des ravages, le cerf sélectionne son habitat selon la disponibilité des abris et de la nourriture qui s'y trouvent, en délimitant son domaine vital de manière à avoir ces deux types d'habitats à proximité (Hébert *et al.*, 2013). Le Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 2020-2027, élaboré par le MELCCFP, établit des objectifs et des actions afin d'assurer la disponibilité d'habitats essentiels de qualité pour le cerf, notamment en protégeant et améliorant la qualité des ravages (Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, 2020). Les actions du ministère sont adaptées à la région dans laquelle elles sont appliquées. Dans le cas du Bas-Saint-Laurent, une attention particulière sera accordée à l'enjeu climatique auquel les cerfs font face dans cette région.

## Dispositions légales pour la préservation de la qualité des aires de confinement

La qualité des ravages varie selon les activités humaines, les perturbations naturelles et les pratiques forestières (Germain *et al.*, 1991). La gestion adéquate de ces habitats est essentielle pour assurer la viabilité des populations de cerfs de Virginie au Québec. Les ravages, d'une superficie supérieure à 2,5 km<sup>2</sup> et dont l'épaisseur de la couche nivale dépasse 40 cm dans la partie du territoire étant située au sud du fleuve Saint-Laurent et à l'ouest de la rivière Chaudière, ou dépassant 50 cm ailleurs, sont définis comme étant une aire de confinement du cerf de Virginie et formant ainsi des habitats fauniques en vertu du Règlement sur les habitats fauniques de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (LCMVF) (chapitre C-61.1, r.18). À ce titre, ils sont soumis à des règles d'aménagement particulières (Hébert et coll., 2013). Des dispositions spécifiques concernant les aires de confinement de cerfs de Virginie sont prévues au Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État (RADF; A-18.1, r. 0.01), encadrant ainsi les activités d'aménagement forestier réalisées conformément à la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (A-18.1; LADTF).

## Modèle de qualité d'habitat du cerf de Virginie

Le suivi des superficies de peuplements satisfaisant les besoins du cerf, via l'utilisation d'un modèle de qualité d'habitat, contribue à la prise en considération de cet objectif dans le calcul des possibilités forestières (Nappi, 2013). Le MQH du cerf de Virginie est basé sur la clé d'évaluation du potentiel d'habitat pour le cerf qui figure dans le Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie (Hébert *et al.*, 2013). Plusieurs classes d'habitat ont été créées pour essayer de décrire au mieux les différents peuplements présents dans les ravages : « Abri », « Nourriture-Abri », « Nourriture », « Peu utilisés ». Cette distinction est faite selon quatre données dendrométriques distinctes : le type de peuplement (résineux, mixte, ou feuillus), la densité, la hauteur et l'âge du peuplement (**TABLEAU 1**). Il est à noter ici que la classe Abri en devenir a été développée spécifiquement au Bas-Saint-Laurent pour caractériser les peuplements à dominance résineuse encore trop jeunes pour être classés comme peuplements d'abri, mais qui assurent un abri partiel pour le cerf.



**TABEAU 1** : Classes d'indice de qualité de l'habitat du cerf de Virginie et critères associés adaptés à la région du Bas-Saint-Laurent (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 $\geq 80\%$ 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 $\geq 22$ 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
		C	4	30 ans et plus
	Mixte à dominance feuillue	A, B, C	1, 2, 3, 4	30 ans et plus
		A, B	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			

Le pourcentage d'abri minimal requis selon le Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie (Hébert *et al.*, 2013) est ajusté régionalement. Dans le cas du Bas-Saint-Laurent, qui se situe en partie dans la sapinière à bouleau blanc et la sapinière à bouleau jaune à dominance bouleau jaune, les cibles d'abri et d'abri en devenir, ainsi que de nourriture-abri dans les ravages sont de 35 % et 25 % respectivement.



# 1. Matériel et méthodes

---

## 1.1. Secteur à l'étude

Au total, quatre ravages ont été échantillonnés dans la région du Bas-Saint-Laurent : il s'agit de lac Biencourt, Duchénier, lac du Pain de Sucre et lac Témiscouata (**FIGURE 1**). Ces ravages se situent dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune. Ils sont inclus en tout ou en partie dans deux unités d'aménagement (UA). Au sein de ces ravages, plusieurs types d'inventaires ont été réalisés de 2021 à 2023.

Les ravages Duchénier et du Lac Biencourt se situent dans la zone de chasse 2 Est, alors que les ravages du Lac Pain-de-Sucre et du Lac Témiscouata se retrouvent dans la zone de chasse 2 Ouest. Tous ces ravages sont considérés être dans des secteurs en présence d'hivers rigoureux pour le cerf de Virginie. La rigueur hivernale pour le cerf de Virginie s'exprime par l'indice NIVA, exprimé en jours-cm d'enfoncement, qui correspond au cumulatif d'enfoncement dans la neige que doit endurer le cerf de Virginie dans ses déplacements hivernaux. Un hiver est considéré comme difficile pour le cerf lorsque l'indice NIVA est supérieur à 5000 jours-cm d'enfoncement (Lebel & De Bellefeuille, 2021). Entre 2000 et 2019, les zones de chasse 2 Est et 2 Ouest ont respectivement des moyennes NIVA de 6444 jours-cm et 4889 jours-cm (Lebel and De Bellefeuille, 2021).

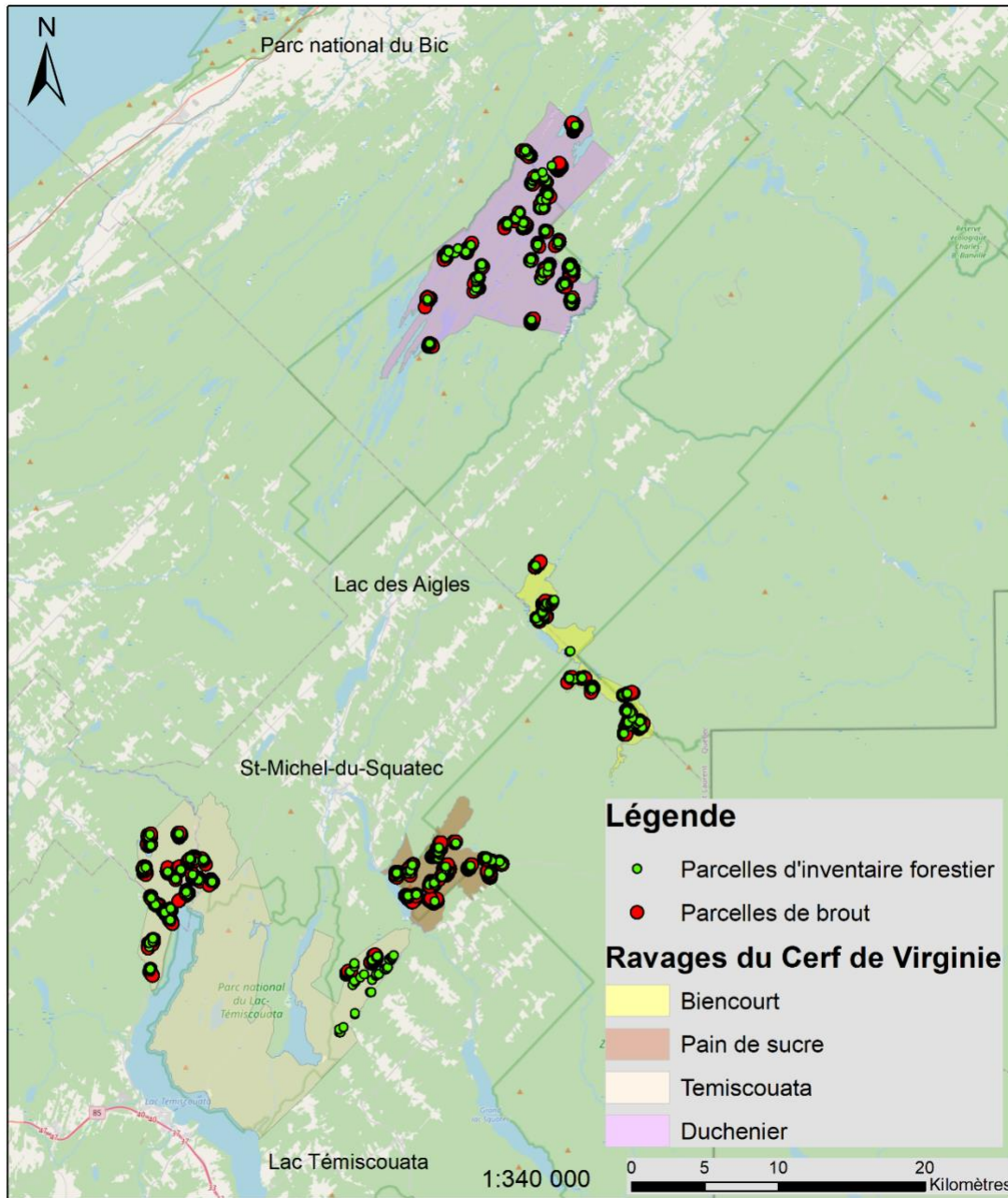


FIGURE 1 : Carte des 4 ravages du cerf de Virginie inventoriés dans le cadre de la présente étude dans la région du Bas-Saint-Laurent.



## 1.2. Caractérisation de l'habitat

### Méthode terrain

Au printemps 2023, un total de 332 parcelles d'inventaires forestiers ont été réalisées dans 102 peuplements différents. Dans ces parcelles, trois variables permettant l'attribution d'une classe de qualité d'habitat ont été mesurées : la classe de hauteur, la classe de densité, et le type de couvert forestier. La hauteur du peuplement a été évaluée à l'aide de 4 arbres études. Ces arbres études, combinés aux relevés de gaules, ont également été utilisés pour estimer le type de couvert forestier. Afin de pouvoir utiliser le MQH, l'âge du peuplement a été dérivé des informations du 5e IÉQM. Parmi ces 332 parcelles, 40 parcelles d'inventaire étaient situées à moins de 30 m d'un chemin. Afin de s'affranchir des effets associés aux emprises de chemin et de bordure, ces parcelles n'ont pas été considérées. Ainsi, un total de 292 parcelles a pu être analysé. Ainsi un IQH terrain a été produit. Dans l'ensemble du rapport, la mention d'un résultat ou d'une donnée terrain signifie qu'ils se basent sur les données récoltées sur le terrain mentionnées ci-haut.

### Méthode cartographique

Afin de pouvoir générer des résultats d'indice de qualité d'habitat cartographique en utilisant le MQH, la carte écoforestière du cinquième inventaire écoforestier décennal a été utilisée. Dans la région du Bas-Saint-Laurent, les photos aériennes ont été prises entre 2015 et 2017 et l'information cartographique a été réalisée entre 2018 et 2020. Les données du 5e IÉQM sont disponibles depuis 2019. La carte écoforestière a été mise à jour selon les traitements sylvicoles de 2021, fournis par le MRNF. La superficie minimale d'intervention retenue est de 0,1 ha, ce qui correspond au standard de cartographie du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2022). Dans l'ensemble du rapport, la mention d'un résultat ou d'une donnée cartographique signifie qu'ils se basent sur les données cartographiques de la carte écoforestière, disponible sur [Données Québec](#).

Ensuite, une comparaison entre les deux résultats a été réalisée. Afin de mieux comprendre les différences observées entre les données terrain et les données cartographiques, des mosaïques de photos aériennes ainsi que le modèle de hauteur de canopée lidar ont été utilisés (MRNF, 2023).

## 1.3. Présence et utilisation par le cerf de Virginie

En 2021 et 2022, des parcelles permanentes ont été visitées pour estimer la production de brouet et l'utilisation par le cerf en hiver dans les différentes classes d'habitat dans les 4 ravages mentionnés précédemment. Un total de 1 312 microparcelles de 1,13 m de rayon ont été mises en place selon la méthode de Potvin (1995) pour dénombrer le brouet de cervidés. En effet, il n'est pas possible de distinguer le brouet du cerf de Virginie du brouet d'orignal, deux espèces de grands cervidés présentes dans la région.

Des vols en hélicoptère ont également été réalisés en février 2023, dans le respect des normes des inventaires aériens de l'habitat du cerf de Virginie (Potvin et Breton, 1992). L'inventaire visait à mettre à jour la distribution et la superficie des habitats hivernaux occupés par le cerf de Virginie. La description du protocole de la cartographie des réseaux de pistes est présentée dans le rapport de l'inventaire aérien de l'habitat du cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent. (Inventaire aérien de l'habitat du cerf de Virginie au Bas-Saint-Laurent - Hiver 2023 - Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs [gouv.qc.ca]).

Pour bonifier les données récoltées en 2021 et 2022, un relevé de fèces a été mené parallèlement à l'inventaire forestier du printemps 2023. Quatre microparcelles de 2,82 m de rayon distancées d'au moins 50 m ont été réalisées dans chacune des 332 parcelles d'inventaire forestier. La quantité de fèces a été dénombrée et classée dans 4 classes d'abondance (0 à 3, 0 étant l'absence et 3 une très forte abondance). Considérant le nombre élevé de valeurs nulles et le faible nombre de microparcelles de relevé de fèces classées comme indice 2 ou 3, l'analyse s'est réalisée à l'échelle de la parcelle et non de la microparcelle et la présence de fèces a été convertie en présence-absence.



La méthode statistique utilisée pour les objectifs 2 et 3 est expliquée plus en détail au début des sections 3 et 4 du rapport.

## 2. Objectif 1 – Validation entre les données écoforestières et les données issues des inventaires

### Analyses de correspondance et résultats

#### Hauteur, densité et type de couvert

Tout d’abord, les données terrain à l’échelle de la parcelle ainsi que les données cartographiques à l’échelle du peuplement provenant de la carte écoforestière ont été utilisées pour comparer trois des quatre variables déterminant les classes de qualité de l’habitat pour le cerf de Virginie : la hauteur, la densité, et le type de couvert forestier. Pour chacune de ces variables, nous avons calculé deux pourcentages de correspondance : (1) une correspondance exacte, c’est-à-dire le pourcentage de parcelles d’inventaires pour lesquelles les valeurs obtenues sur le terrain correspondent parfaitement à celles du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec et (2) une correspondance partielle calculée en permettant une classe d’écart entre les données terrain et celles obtenues lors de l’inventaire écoforestier. Par exemple, si une parcelle était déterminée comme une classe de hauteur 2 sur le terrain, seules les parcelles de classe 2 lors de l’inventaire écoforestier étaient considérées dans le calcul de la correspondance exacte, alors que les parcelles de classes 1, 2 et 3 étaient considérées dans le calcul de la correspondance partielle.

**TABLEAU 2** : Correspondance exacte et partielle entre les classes de hauteur (voir **TABLEAU 1**) issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l’ensemble des ravages de l’étude<sup>1</sup>.

		Classes de hauteur-cartographie							Total
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	
Classes de hauteur terrain	Classe 1	1	22	11	0	0	0	0	<b>34 (12 %)</b>
	Classe 2	2	40	57	8	0	1	1	<b>109 (37 %)</b>
	Classe 3	0	22	52	28	0	1	5	<b>108 (37 %)</b>
	Classe 4	0	1	9	5	0	1	3	<b>19 (7 %)</b>
	Classe 5	0	0	1	0	0	1	0	<b>2 (1 %)</b>
	Classe 6	0	0	0	0	0	5	8	<b>13 (4 %)</b>
	Classe 7	0	0	1	0	0	0	6	<b>7 (2 %)</b>
	Total	<b>3 (1 %)</b>	<b>85 (29 %)</b>	<b>131 (45 %)</b>	<b>41 (14 %)</b>	<b>0 (0 %)</b>	<b>9 (3 %)</b>	<b>23 (8 %)</b>	<b>292</b>
Correspondance exacte		37,33 %							
Correspondance partielle		88,36 %							

<sup>1</sup>Les cases en vert foncé sont celles utilisées pour le calcul du pourcentage de correspondance exacte, et celles en vert clair sont celles qui ont été ajoutées au calcul pour le pourcentage de correspondance partielle.



**TABLEAU 3 :** Correspondance exacte et partielle entre les classes de hauteur (voir **TABLEAU 1**) issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude<sup>2</sup>.

		Classes de densité-cartographie					
		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Total
Classes de densité terrain	Classe A	18	43	1	2	0	64 (22 %)
	Classe B	36	58	12	6	6	118 (40 %)
	Classe C	8	31	7	6	5	57 (20 %)
	Classe D	2	14	3	5	5	29 (10 %)
	Classe E	1	4	2	1	16	24 (8 %)
	<b>Total</b>	<b>65 (22 %)</b>	<b>150 (51 %)</b>	<b>25 (9 %)</b>	<b>20 (7 %)</b>	<b>32 (11 %)</b>	<b>292</b>
Correspondance exacte		35,62 %					
Correspondance partielle		82,53 %					

**TABLEAU 4 :** Correspondance exacte et partielle entre les classes de type de couvert forestier<sup>2</sup> issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude<sup>3</sup>.

		Types de recouvrement-cartographie						
		F	MF	MM	MR	R	NA	Total
Types de couvert terrain	F	2	3	2	1	0	2	10 (3 %)
	MF	0	15	4	1	4	5	29 (10 %)
	MM	4	15	7	6	23	2	57 (20 %)
	MR	0	8	5	13	46	5	77 (26 %)
	R	1	3	4	13	97	1	119 (41 %)
	<b>Total</b>	<b>7 (2 %)</b>	<b>44 (15 %)</b>	<b>22 (8 %)</b>	<b>34 (12 %)</b>	<b>170 (58 %)</b>	<b>15 (5 %)</b>	<b>292</b>
Correspondance exacte		45,89 %						
Correspondance partielle		77,40 %						

<sup>2</sup> Les classes de type de couvert forestier F, MF, MR et R signifient respectivement feuillu, mélangé à dominance feuillu, mélangé à dominance résineuse et résineux.

<sup>3</sup> Les cases en vert foncé sont celles utilisées pour le calcul du pourcentage de correspondance exacte, et celles en vert clair sont celles qui ont été ajoutées au calcul pour le pourcentage de correspondance partielle



Pour ces trois variables, les pourcentages de correspondance étaient relativement similaires : de 35 % à 45 % pour la correspondance exacte et de 77 % à 88 % pour la correspondance partielle. Les classes de hauteur et de densité étaient très proches pour la correspondance exacte (respectivement 37 % et 36 %) et pour la correspondance partielle (respectivement 88 % et 83 %). Pour le type de couvert, la correspondance exacte était plus élevée que pour les autres variables (46 %), mais la correspondance partielle était plus faible (77 %).

### Indice de qualité de l'habitat (IQH)

Pour les classes d'IQH, la correspondance exacte était de 57 % (**TABLEAU 5**). Le pourcentage de correspondance partielle (74 %) a été calculé de la même manière que celui des variables ci-dessus, selon les différentes classes d'IQH dans l'ordre suivant : « Abri » – « Abri en devenir » – « Nourriture abri » – « Nourriture » – « Peu utilisé ». Ainsi, une parcelle d'inventaire de classe d'IQH « Abri en devenir » est considérée comme une correspondance partielle avec les classes « Abri », « Abri en devenir », et « Nourriture abri ». La classe « Peu utilisé » était la seule pour laquelle aucune autre classe n'était considérée dans la correspondance partielle.

Les pourcentages de correspondance n'étaient pas égaux entre les quatre ravages. Les ravages de Biencourt et Pain de Sucre avaient un taux de correspondance exacte plus faible (respectivement 38 % et 54 %) que ceux de Duchénier et Témiscouata (respectivement 61 % et 62 %).



**TABLEAU 5** : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour l'ensemble des ravages de l'étude<sup>4</sup>.

		Classes d'IQH-cartographie					Total
		Abri	Abri en devenir	Nourriture abri	Nourriture	Peu utilisé	
Classes d'IQH-terrain	Abri	99	17	6	9	0	131 (45 %)
	Abri en devenir	3	1	1	2	0	7 (2 %)
	Nourriture abri	42	5	24	10	0	81 (28 %)
	Nourriture	12	0	14	38	0	64 (22 %)
	Peu utilisé	2	1	2	1	3	9 (3 %)
	Total	158 (54 %)	24 (8 %)	47 (16 %)	60 (21 %)	3 (1 %)	292
Correspondance exacte		56,51 %					
Correspondance partielle		73,63 %					

**TABLEAU 6** : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Biencourt<sup>5</sup>.

		Classes d'IQH-cartographie					Total
		Abri	Abri devenir en	Nourriture abri	Nourriture	Peu utilisé	
Classes d'IQH-terrain	BIENCOURT						
	Abri	8	6	0	1	0	15 (32 %)
	Abri en devenir	0	0	1	0	0	1 (2 %)
	Nourriture abri	10	2	2	2	0	16 (34 %)
	Nourriture	3	0	4	8	0	15 (32 %)
	Peu utilisé	0	0	0	0	0	0 (0 %)
Total	21 (45 %)	8 (17 %)	7 (15 %)	11 (23 %)	0 (0 %)	47	
Correspondance exacte		38,30 %					
Correspondance partielle		70,21 %					

<sup>4</sup> Les cases en vert foncé sont celles utilisées pour le calcul du pourcentage de correspondance exacte, et celles en vert clair sont celles qui ont été ajoutées au calcul pour le pourcentage de correspondance partielle



**TABLEAU 7** : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Duchénier<sup>5</sup>.

		Classes d'IQH-cartographie					
Classes d'IQH-terrain	DUCHÉNIER	Abri	Abri devenir en	Nourriture abri	Nourriture	Peu utilisé	Total
	Abri	44	2	2	0	0	48 (51 %)
	Abri en devenir	1	0	0	0	0	1 (1 %)
	Nourriture abri	19	1	5	1	0	26 (27 %)
	Nourriture	5	0	4	9	0	18 (19 %)
	Peu utilisé	0	1	1	0	0	2 (2 %)
	<b>Total</b>	<b>69 (73 %)</b>	<b>4 (4 %)</b>	<b>12 (13 %)</b>	<b>10 (11 %)</b>	<b>0 (0 %)</b>	<b>95</b>
Correspondance exacte		61,05 %					
Correspondance partielle		70,53 %					

**TABLEAU 8** : Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Pain de Sucre<sup>5</sup>.

		Classes d'IQH-cartographie					
Classes d'IQH-terrain	PAIN DE SUCRE	Abri	Abri devenir en	Nourriture abri	Nourriture	Peu utilisé	Total
	Abri	19	4	0	1	0	24 (46 %)
	Abri en devenir	1	1	0	1	0	3 (6 %)
	Nourriture abri	4	1	3	3	0	11 (21 %)
	Nourriture	3	0	6	4	0	13 (25 %)
	Peu utilisé	0	0	0	0	1	1 (2 %)
	<b>Total</b>	<b>27 (52 %)</b>	<b>6 (12 %)</b>	<b>9 (17 %)</b>	<b>9 (17 %)</b>	<b>1 (2 %)</b>	<b>52</b>
Correspondance exacte		53,85 %					
Correspondance partielle		82,69 %					

<sup>5</sup> Les cases en vert foncé sont celles utilisées pour le calcul du pourcentage de correspondance exacte, et celles en vert clair sont celles qui ont été ajoutées au calcul pour le pourcentage de correspondance partielle



**TABLEAU 9 :** Correspondance exacte et partielle entre les classes d'IQH issues des données cartographiques (colonnes) et des données terrain (lignes) pour le ravage Témiscouata<sup>6</sup>.

		Classes d'IQH-cartographie					Total
		Abri	Abri devenir	en Nourriture abri	Nourriture	Peu utilisé	
Classes d'IQH-terrain	TÉMISCOUATA						
	Abri	28	5	4	7	0	44 (45 %)
	Abri en devenir	1	0	0	1	0	2 (2 %)
	Nourriture abri	9	1	14	4	0	28 (29 %)
	Nourriture	1	0	0	17	0	18 (18 %)
	Peu utilisé	2	0	1	1	2	6 (6 %)
Total	41 (42 %)	6 (6 %)	19 (19 %)	30 (31 %)	2 (2 %)	98	
Correspondance exacte		62,24 %					
Correspondance partielle		73,47 %					

### Explication des différences observées

Pour 33 des 292 parcelles d'inventaire forestier (11 %), au moins l'une des trois variables dendrométriques mesurées présentait des incohérences majeures (hors des cases en vert dans les tableaux 2 à 9) avec les données cartographiques. À l'aide de photos aériennes et de modèles de hauteur de canopée lidar, des raisons liées à ces incohérences peuvent être proposées :


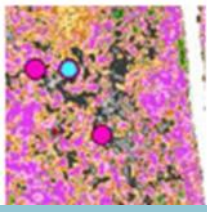
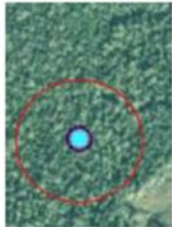
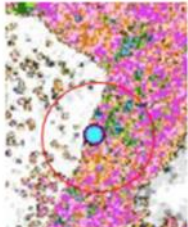
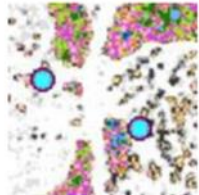
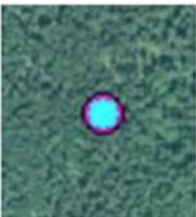
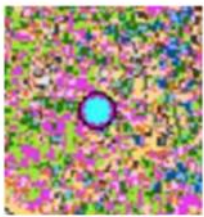
1. 18 parcelles (55 %) se trouvaient dans des trouées ou des zones humides;
2. 6 parcelles (18 %) se trouvaient à la limite de deux peuplements d'âges différents;
3. 5 parcelles (15 %) devaient leurs différences à des bouquets résiduels présents;
4. 4 parcelles (12 %) pour lesquels aucune cause n'a pu être identifiée.

Toutefois, lorsque ces informations sont utilisées pour déterminer les IQH, il est constaté que dans 52 % des cas, cela n'a pas (9 parcelles) ou peu (8 parcelles) d'influence sur la classe d'IQH du peuplement. Dans 48 % des cas, l'incohérence majeure dans les données dendrométriques se soldait par une incohérence majeure dans la classe de l'IQH résultante (ex. : abri cartographique alors qu'on observe de la nourriture terrain).

<sup>6</sup> Les cases en vert foncé sont celles utilisées pour le calcul du pourcentage de correspondance exacte, et celles en vert clair sont celles qui ont été ajoutées au calcul pour le pourcentage de correspondance partielle



TABLEAU 10 : Représentation visuelle des différentes sources d'incohérence majeure et de leur pourcentage d'occurrence.

Nombre de parcelles affectées	% des 33 parcelles ayant des incohérences majeures	Source de l'incohérence	Exemple par photo aérienne	Exemple modèles hauteur canopée lidar
18	55 %	Les parcelles terrain se trouvaient dans des trouées ou des zones humides		
6	18 %	Les parcelles se trouvaient à la limite de deux peuplements d'âges différents		
5	15 %	Des arbres résiduels étaient présents à l'intérieur d'une coupe ou d'une autre perturbation majeure	Peu visibles par photo aérienne due à la date de la prise de photo	
4	12 %	Aucune cause n'a pu être identifiée		

## Discussion

Le MQH du cerf de Virginie est une classification des peuplements forestiers selon 4 variables, soit le type de peuplement, la classe de densité, la classe de hauteur et la classe d'âge. Ainsi, la comparaison des résultats du MQH prédit aux résultats d'IQH terrain revient à **comparer la précision des données de la carte écoforestière aux données terrain.**

Les données terrain et les données cartographiques correspondent en majorité lorsque nous tenons compte de l'échelle différente entre les données cartographiques (valeurs moyennes dans une superficie minimale de 4 ha) et les données prises sur le terrain (valeurs moyennes dans une superficie de 0,04 ha). En considérant les résultats du MQH cartographique sur l'ensemble des parcelles, il semble souvent y avoir plus de classes d'abri et d'abri en devenir et moins de classe de nourriture-abri pour le MQH basé sur les



données cartographiques que pour celui basé sur les données obtenues sur le terrain. Ces résultats sont cohérents avec l'étude précédente du CRD du Bas-Saint-Laurent (Franceschini *et al.*, 2023) soulignant la confusion entre les peuplements de nourriture-abri et de nourriture pour la classe d'IQH abri dans les prédictions cartographiques. Les taux de correspondance exacte d'environ 57 % et de correspondance partielle d'environ 74 % s'expliquent en majeure partie par la **variabilité interne des peuplements forestiers**. Par ailleurs, la nature des données récoltées sur le terrain (évaluation de la hauteur et du type de couvert sur 4 arbres études) rend également plus difficile le changement d'échelle.

Bien que nécessaires pour caractériser le paysage à une large échelle, les cartes écoforestières ne prennent pas en compte l'hétérogénéité qu'il peut y avoir à l'intérieur d'un peuplement. Différentes études observent des performances modestes lorsque des validations de variables d'habitat issues de cartes sont réalisées (Dussault *et al.*, 2001; Potvin *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 2007). À titre indicatif, les valeurs de correspondance exacte entre les données terrain et cartographique se trouvaient généralement entre 34 % et 57 % dans l'étude de Dussault *et al.* (2001). Dans la plupart des cas, l'identification d'espèces d'arbres dominantes représente un défi, particulièrement dans les peuplements mixtes et feuillus (Dussault *et al.*, 2001; Potvin *et al.*, 1999). Cela a également été observé pour la densité des peuplements où les classes de densité cartographiées ne différaient qu'entre les peuplements de faible densité (classes de densité C et D) et de haute densité (A et B) (Dussault *et al.*, 2001).

## Recommandations

Une première recommandation, à la suite de la discussion sur les résultats, serait de garder une certaine marge de sécurité quant à la proportion et la répartition des peuplements d'abri dans chaque ravage. Comme l'IQH « abri » semble parfois surévalué par le MQH utilisant les données cartographiques (Franceschini *et al.*, 2023), le fait d'en avoir un léger surplus sur le territoire diminue le risque d'avoir un habitat défavorable pour le cerf de Virginie. La classe « abri en devenir » développée dans la région du Bas-Saint-Laurent permet également de distinguer les peuplements en voie de devenir des abris, qui seraient normalement noyés dans la classe nourriture-abri. Se référer à cette classe permet une prévisibilité supplémentaire pour maintenir une proportion d'abris futurs.

Une deuxième recommandation en vue de bonifier la classification de l'IQH et sa représentativité sur le terrain serait d'améliorer la précision des données cartographiques utilisées en entrée dans le MQH du cerf de Virginie. À cette fin, les données issues du Lidar (Light Detection and Ranging) – un outil permettant de mesurer des distances à l'aide d'un laser impulsif – pourraient être avantageusement utilisées. Cette technologie permet entre autres de caractériser la canopée comme feuillue ou résineuse, d'estimer la densité des peuplements, ou même d'estimer l'ouverture de la canopée (Arumäe and Lang, 2018; Chen *et al.*, 2019; Dalla Corte *et al.*, 2020).



### 3. Objectif 2 – Correspondances entre les types de peuplement et la présence de cerf

Correspondance entre l'indice de qualité de l'habitat terrain et les relevés de fèces

#### Analyses statistiques et résultats

Les classes « Peu utilisé » et « Abri en devenir » représentaient un échantillonnage très faible ( $n = 9$  et  $n = 7$  respectivement). Les classes « Abri » et « Nourriture abri » semblaient présenter un pourcentage de présence de fèces légèrement supérieur à celui de la classe « Nourriture » (TABLEAU 11). Pour vérifier cette tendance, nous avons réalisé un modèle logistique mixte pour expliquer la présence de fèces en fonction de la classe d'IQH, tout en prenant en compte la non-indépendance spatiale des données avec un niveau hiérarchique associé au ravage. Les modèles utilisés pour arriver aux résultats (TABLEAUX 12, 14, 16 et 18) avaient comme intercept la classe « Abri » qui était comparée aux autres classes d'IQH. Ce modèle indique que la **tendance des classes « Abri » et « Nourriture abri » à être plus utilisées que la classe « Nourriture » (TABLEAU 12) n'est pas significative** avec une valeur de  $P > 0,05$ . Il est possible qu'avec un peu plus de données, cette tendance soit devenue significative.

TABLEAU 11 : Nombre d'absences et de présences de fèces, et pourcentage de présence pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données prises lors de l'inventaire de terrain.

Classes d'IQH – Terrain	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
Abri	131	106	25	19
Abri en devenir	7	5	2	29
Nourriture abri	81	66	15	19
Nourriture	64	57	7	11
Peu utilisé	9	5	4	44

TABLEAU 12 : Résultats du modèle logistique mixte reliant les chances de présence de fèces en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe abri. Une valeur négative indique une présence plus faible de fèces par rapport à l'abri, et inversement les estimations et erreurs types sont présentées avec une transformation *logit* propre aux modèles logistiques.

Classes d'IQH – Terrain	Estimé	Erreur type	Valeur de p
Abri	-1,33	0,41	< 0,01
Abri en devenir	0,48	0,91	0,59
Nourriture abri	-0,20	0,38	0,60
Nourriture	-0,93	0,49	0,06
Peu utilisé	1,41	0,73	0,05



## Correspondance entre l'indice de qualité de l'habitat cartographique et les relevés de fèces

### Analyses statistiques et résultats

Ici aussi, la classe « Peu utilisé » ne représentait qu'un faible échantillonnage ( $n = 3$ ). Les classes « Abri » et « Nourriture » semblaient aussi avoir un pourcentage de présences (respectivement 22 % et 16,5 %) légèrement supérieur à celui des « Abri en devenir » et « Nourriture abri » (respectivement 12,5 % et 8,5 %) (TABLEAU 13). Un modèle logistique mixte expliquant la présence de fèces en fonction de la classe d'IQH cartographique, tout en prenant en compte la non-indépendance spatiale des données avec un niveau hiérarchique associé au ravage a été réalisé pour tester cette relation. Ce modèle suggère que la seule différence significative était que la classe « **Abri** » **démontrait une plus grande chance de présence de fèces que la classe « Nourriture abri »** (TABLEAU 14).

**TABLEAU 13** : Nombre d'absences et de présences de fèces, et pourcentage de présence pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données cartographiques.

Classes d'IQH – Cartographie	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
<b>Abri</b>	158	123	35	<b>22</b>
<b>Abri en devenir</b>	24	21	3	<b>13</b>
<b>Nourriture abri</b>	47	43	4	<b>9</b>
<b>Nourriture</b>	60	50	10	<b>17</b>
<b>Peu utilisé</b>	3	2	1	<b>33</b>

**TABLEAU 14** : Résultats du modèle logistique mixte reliant les chances de présence de fèces en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat cartographique. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe abri. Une valeur négative indique une présence plus faible de fèces par rapport à l'abri, et inversement. Les estimations et erreurs types sont présentées avec une transformation *logit* propre aux modèles logistiques.

Classes d'IQH – Cartographie	Estimé	Erreur type	Valeur de p
<b>Abri</b>	-1,14	0,40	< 0,01
<b>Abri en devenir</b>	-1,13	0,69	0,10
<b>Nourriture abri</b>	-1,28	0,58	0,03
<b>Nourriture</b>	-0,57	0,42	0,18
<b>Peu utilisé</b>	0,61	1,26	0,63

## Correspondance entre l'indice de qualité de l'habitat terrain et les réseaux de pistes issus des inventaires aériens

### Analyses statistiques et résultats

Une analyse a été réalisée afin de faire le lien entre les relevés aériens de piste et les données de présence de fèces de cerf. Pour ce faire, un calcul de la distance moyenne des peuplements inventoriés sur le terrain avec la périphérie du réseau de pistes le plus proche a été réalisé (FIGURE 2). Les parcelles à l'intérieur des superficies de réseaux de pistes avaient une valeur de 0 m dans l'analyse. Cette analyse a été effectuée à la fois avec la classe d'IQH cartographique et la classe d'IQH, issues de l'inventaire terrain associée à chaque parcelle.



Comme pour les fèces, les classes « Peu utilisé » et « Abri en devenir » représentaient un échantillonnage très faible ( $n = 9$  et  $n = 7$  respectivement). La classe « Abri » présentait un pourcentage de présences à proximité ( $\leq 1\ 000\ m$ ) légèrement inférieur aux autres classes, bien que toutes les valeurs étaient très proches (73 – 86 %) (

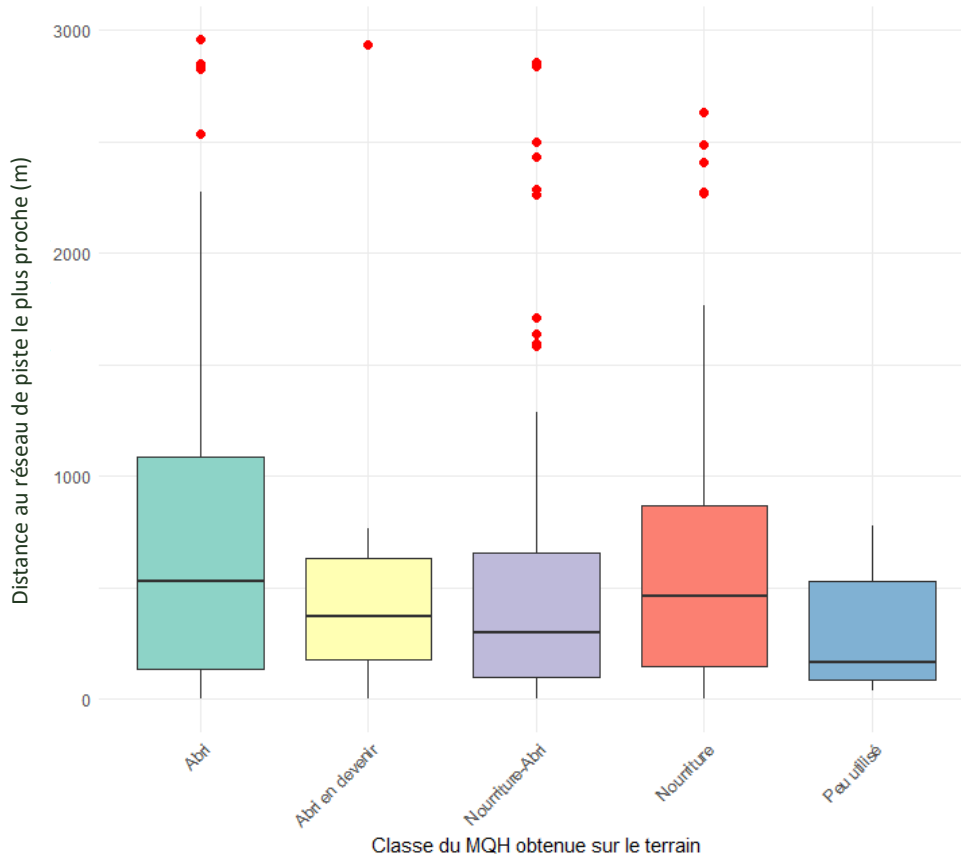
**TABLEAU 15).** Pour vérifier cette tendance, nous avons réalisé un modèle mixte pour expliquer la distance minimale entre chaque parcelle dont l'IQH avait été déterminée, et la périphérie du réseau de pistes le plus proche, tout en tenant compte de la non-indépendance spatiale des données avec un niveau hiérarchique sur le ravage. Ce modèle suggère qu'**aucune classe ne se distingue des autres** puisque seules l'intercept du modèle (classe abri) et la classe « peu utilisé » étaient significatives (cette dernière étant probablement non pertinente due au faible échantillonnage) (**TABLEAU 16**), ce qui est cohérent avec une analyse visuelle des données (**FIGURE 2**).

**TABLEAU 15 :** Nombre de parcelles d'inventaire présentes et absentes d'un tampon de 1 000 m autour des réseaux de pistes pour chacune des classes d'IQH calculées à l'aide des données obtenues sur le terrain.

Classes d'IQH – Terrain	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
Abri	112	30	82	<b>73</b>
Abri en devenir	7	1	6	<b>86</b>
Nourriture abri	72	11	61	<b>85</b>
Nourriture	63	12	51	<b>81</b>
Peu utilisé	9	0	9	<b>100</b>

**TABLEAU 16 :** Résultats du modèle mixte expliquant la distance entre une parcelle et le réseau de pistes le plus proche en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe abri. Une valeur négative indique une distance plus faible au réseau de pistes le plus proche, et inversement. Les résultats significatifs sont surlignés en gris.

Classes d'IQH – Terrain	Estimé	Erreur type	Valeur de p
Abri	683,71	180,51	< 0,01
Abri en devenir	-100,82	263,71	0,70
Nourriture abri	-132,37	102,37	0,20
Nourriture	-23,93	107,06	0,82
Peu utilisé	-500,06	234,93	0,03



**FIGURE 2 :** Dispersion des données de distance d'une parcelle par rapport à la bordure d'un réseau de pistes en fonction de la classe de qualité de l'habitat associé à cette parcelle à partir des données obtenues sur le terrain. Les boîtes représentent l'intervalle dans lequel se situent 50 % des données. La ligne qui recoupe chaque boîte représente la médiane.

## Correspondance entre l'indice de qualité de l'habitat cartographique et les réseaux de pistes issus des inventaires aériens

La classe « Peu utilisé » n'est pas analysée ici en raison du nombre très faible de données :  $n = 3$ . Les classes « Abri » et « Abri en devenir » semblaient être plus souvent à proximité d'un réseau de pistes que les classes « Nourriture » et « Nourriture abri » en comparant le pourcentage de présences de réseau de pistes entre les différentes classes (TABLEAU 17). Le modèle mixte suggère que **les classes « Nourriture » et « Nourriture abri » se trouvent en moyenne plus loin d'un réseau de pistes que la classe « Abri »**, alors que la classe « Abri en devenir » ne présentait pas de différence significative avec la classe abri (TABLEAU 18), ce qui confirme l'analyse visuelle que pouvait être faite sur la FIGURE 3.

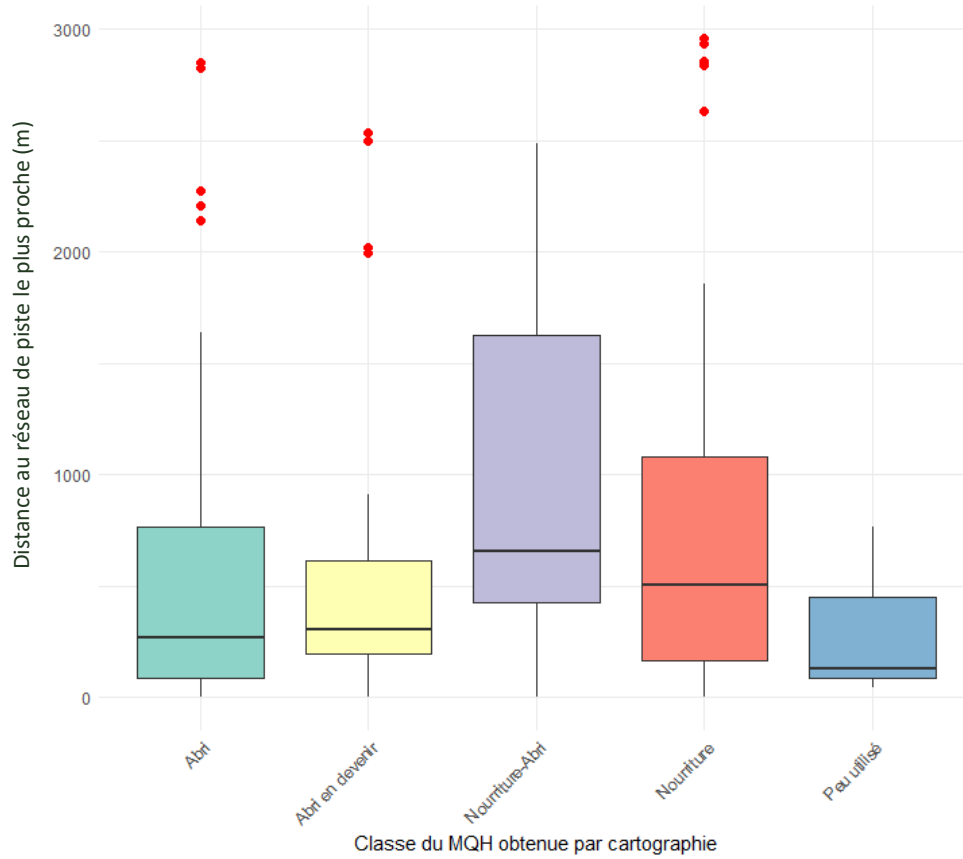


**TABLEAU 17** : Nombre de parcelles d'inventaire présentes et absentes dans un tampon de 1 000 m autour des réseaux de pistes pour chacune des classes d'IQH calculées à partir des données obtenues par cartographie.

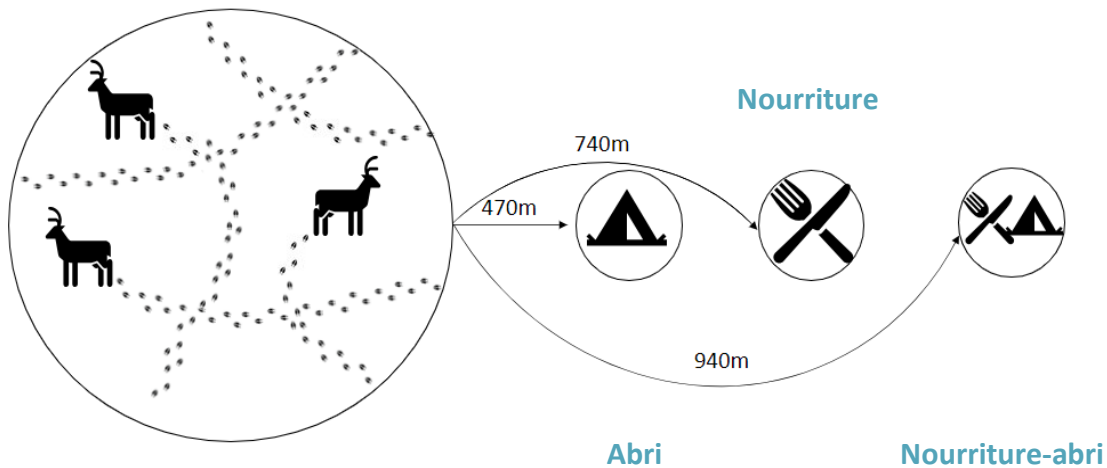
Classes d'IQH – Cartographie	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
Abri	131	16	115	88
Abri en devenir	24	4	20	83
Nourriture abri	44	17	27	61
Nourriture	61	17	44	72
Peu utilisé	3	0	3	100

**TABLEAU 18** : Résultats du modèle mixte expliquant la distance entre une parcelle et le réseau de pistes le plus proche en fonction de la classe d'indice de qualité de l'habitat. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe abri. Une valeur négative indique une distance plus faible au réseau de pistes le plus proche, et inversement. Les résultats significatifs sont surlignés en gris.

Classes d'IQH – Cartographie	Estimé	Erreur type	Valeur de p
Abri	470,46	175,59	< 0,01
Abri en devenir	200,51	146,87	0,17
Nourriture abri	471,47	114,73	< 0,01
Nourriture	276,01	103,13	< 0,01
Peu utilisé	-402,00	384,33	0,30



**FIGURE 3** : Dispersion des données de distance d'une parcelle par rapport à la bordure d'un réseau de pistes en fonction de la classe de qualité de l'habitat associé à cette parcelle à partir des données cartographiques. Les boîtes représentent l'intervalle dans lequel se situent 50 % des données. La ligne qui recoupe chaque boîte représente la médiane.



**FIGURE 4** : Distance moyenne des trois classes d'IQH significativement différentes entre elles.

#### Discussion

Les données cartographiques issues du 5<sup>e</sup> IÉQM démontrent une correspondance entre la présence du cerf de Virginie et les différentes classes d'IQH. Au contraire, les résultats semblent plus nuancés lorsque les données issues des inventaires forestiers sont considérées, notamment en raison du faible nombre d'observations dans certaines classes d'IQH. Ainsi, les résultats semblent indiquer que les fèces avaient moins de chance de se trouver dans les parcelles de classe « nourriture-abri » que dans les classes « abri », et les parcelles de classes « nourriture » et « nourriture-abri » semblaient se trouver en moyenne à une plus grande distance des pistes que les parcelles de classe « abri » et « abri en devenir ».

L'utilisation plus élevée des peuplements d'abri pourrait s'expliquer par le fait que les individus se regroupent dans les abris, puis se dispersent pour chercher de la nourriture, et donc que les densités de population sont plus fortes dans les abris que dans les peuplements de nourritures et de nourriture-abri. De plus, en hiver, un cerf de Virginie utilise généralement une superficie de moins de 5 km<sup>2</sup> tandis qu'en été, celle-ci peut atteindre jusqu'à 25 km<sup>2</sup> (Gouvernement du Québec, 2023). Certains auteurs parlent même de superficie d'environ 1 km<sup>2</sup> à l'hiver (Lesage et al., 2000). Afin de réduire leur dépense énergétique et augmenter leurs chances de survie, les cerfs s'éloigneraient donc beaucoup moins de leurs abris durant cette saison qui correspond à la saison de prise de données des relevés aériens (Drolet, 1978; Williamson and Hirth, 1985). Comme la couverture de neige atteint environ 40 cm de plus en absence de couvert forestier, le cerf de Virginie aura tendance à demeurer en bordure des milieux ouverts sans toutefois s'y aventurer (Hewitt, 2011). De plus, les fèces relevées sur le terrain datent en partie de l'hiver 2023. La plus grande utilisation des peuplements d'abri pourrait aussi être due au fait que les cerfs de Virginie passent plus de temps dans les abris (repos) alors que la recherche de nourriture est active. Ainsi, il est compréhensible que les fèces soient plus dispersées dans les peuplements de nourriture, ce qui réduirait leur probabilité de détection. Les survols de détection de pistes ont été réalisés peu de temps après des chutes de neige relativement importantes, ce qui a pu faire disparaître des pistes plus anciennes. Ainsi, cela a probablement augmenté les chances que les cerfs soient dans leurs abris au moment du survol. Les abris sont également des peuplements où l'accumulation de neige est moins importante, ce qui y limite la perte énergétique et qui est vraisemblablement une des raisons pour lesquelles ils y passent plus de temps.



Une étude réalisée chez le cerf mulet indique que l'épaisseur de neige a un fort effet sur l'utilisation de l'habitat au cours de l'hiver (Gilbert *et al.*, 2017). Durant les périodes de faible enneigement, les cerfs sélectionnaient les jeunes peuplements (< 30 ans) et évitaient les peuplements matures (> 30 ans). Cette relation s'inversait à mesure que l'épaisseur de la neige augmentait. La même étude mentionne également qu'une disponibilité locale restreinte de certains types d'habitats pourrait expliquer la relation positive entre la disponibilité des types d'habitats et la sélection de ces types, les cerfs sélectionnant des types localement abondants et évitant les parcelles isolées. En hiver, lorsque le coût énergétique du déplacement est élevé, la fréquentation de peuplements éloignés et isolés comporte des risques, car les cerfs peuvent se retrouver immobilisés par une accumulation rapide de neige dans un îlot de forêts où la nourriture est peu abondante (Kirchhoff & Schoen, 1987).

Dans une étude de Morrison *et al.*, 2003, la proximité des peuplements fournissant un couvert d'abri était un indicateur important de l'utilisation du peuplement, quelle que soit l'épaisseur de neige. Une tendance similaire a été signalée en Nouvelle-Écosse (Lock, 1997). Dans les deux études, la proximité des peuplements résineux a été mentionnée comme le meilleur indicateur de l'utilisation du peuplement, même lorsque d'autres mesures du couvert forestier étaient considérées.

Quoi qu'il en soit, le fait que la classe « abri » semble plus utilisée pour le MQH issu des données cartographiques, mais pas pour celui issu des données obtenues sur le terrain indique que l'inventaire aérien reste pour le moment le meilleur indicateur pour déterminer la qualité de l'habitat pour le cerf de Virginie dans les ravages. La considération de d'autres sources de données nécessiterait un effort d'échantillonnage plus intense (plus grand nombre de parcelles inventoriées dans chaque peuplement).

La non-correspondance des classes d'IQH obtenues sur le terrain avec les données d'utilisation de l'habitat par le cerf peut s'expliquer de plusieurs façons. D'une part, par des limites méthodologiques lors de la prise de données et d'autre part, par la quantité de données récoltée sur le terrain; la section recommandation ci-dessous détaille quelques suggestions dans une perspective d'amélioration des suivis futurs.

## Recommandations

En comparant la littérature et les résultats obtenus à la suite des analyses des données, il semble y avoir un lien positif de présence du cerf dans les habitats d'abri en hiver. Il est attendu que cet effet s'accroisse lorsque la couverture de neige augmente (Gilbert *et al.*, 2017). Dans le même ordre d'idée, la superficie d'habitat utilisé par le cerf passe d'environ 25 km<sup>2</sup> à 5 km<sup>2</sup> en hiver, voire 1 km<sup>2</sup> dans l'étude de Lesage *et al.* (2000) se déroulant au Bas-Saint-Laurent. Cela souligne encore l'importance d'avoir une bonne répartition de chaque type d'habitat sur le territoire et ce à petite échelle (5 km<sup>2</sup>), ce qu'on appelle l'entremêlement. Durant la période hivernale, une plus grande proportion et une répartition des peuplements d'abri sur tout le territoire du BSL pourraient être favorables au cerf de Virginie, puisque ces peuplements semblent être plus utilisés pendant cette période. En effet, les cerfs n'utilisent pas les peuplements uniquement en fonction de leurs caractéristiques spécifiques, mais également en fonction des caractéristiques des peuplements environnants. Il est donc important de prendre en compte la disposition spatiale du couvert forestier dans le ravage.

La visibilité d'un habitat ou obstruction latérale influence le risque de prédation et donc la qualité de l'habitat chez certains cervidés (Tufto *et al.*, 1996). L'obtention de données caractérisant l'obstruction latérale par mesures directes sur le terrain ou par le lidar serait pertinente à cet effet. En effet, une meilleure compréhension du lien entre la structure forestière et les processus d'accumulation de la neige permettrait d'affiner notre connaissance des habitats du cerf de Virginie (Hojatimalekshah *et al.*, 2023; Hopkinson *et al.*, 2004; Varhola *et al.*, 2010). Les changements dans la structure des peuplements forestiers résultant de la défoliation, du chablis et de la récolte peuvent augmenter l'accumulation et l'ablation de la neige sous le couvert forestier en raison d'une interception réduite de la neige et de niveaux plus élevés de rayonnement atteignant la surface. Il serait intéressant d'étudier l'utilisation d'habitat du cerf de Virginie en fonction de l'accumulation de neige pour les différents types d'habitats.

Par ailleurs, cette étude aura permis d'émettre des suggestions à des fins d'amélioration pour des suivis futurs, notamment en ce qui a trait à une meilleure adéquation entre l'IQH cartographique et l'IQH terrain. L'augmentation du nombre de parcelles d'inventaires par peuplement (en visant par exemple un minimum de 3) permettrait probablement de mieux prendre en compte l'hétérogénéité de ces peuplements, et donc d'améliorer la caractérisation de la qualité d'habitat potentielle pour le cerf de Virginie. La prise de



mesure pourrait également être légèrement adaptée en ce qui concerne le type de couvert, la densité et la hauteur (mesure prise selon l'étage codominant du peuplement principalement), afin de faciliter la comparaison des deux IQH.

Toutefois, il est important de noter que même si les analyses des données d'inventaires terrain n'ont pas mené à des résultats statistiquement significatifs, elles ont permis de montrer que la détermination de l'IQH avec les données cartographiques est relativement précise, selon les tendances observées, ce qui est prometteur pour la suite de la méthode développée ici.

## 4. Objectif 3 – Effets des interventions sylvicoles sur la fréquentation du cerf de Virginie

### Les interventions sylvicoles

#### Portrait des traitements sylvicoles

Pour augmenter la taille de l'échantillon des classes de perturbation d'origine (anthropique ou naturelle), il a été décidé de regrouper certains types de perturbations (**TABLEAU 19**).

**TABLEAU 19** : Types de traitements sylvicoles regroupés pour les analyses de l'objectif 3.

Groupe de traitement	Type de perturbation	Traitements inclus
Coupes totales	Majeure	Coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS)
		Coupe avec protection de la régénération et des sols, uniforme (CPRS-U)
		Coupe avec protection de la régénération et des sols, uniforme et sans lègue biologique (CPRS-U-SLEG)
		Coupe totale (CT)
Autres	Majeure	Brûlis (BR)
		Épidémie sévère (ES)
Plantations	Majeure	Plantation (PL ou P)
Coupe en bande	Majeure	Coupe en bande (CBA)
Coupe partielle	Mineure	Coupe partielle (CP)
Éclaircie commerciale	Mineure	Éclaircie commerciale (EC)
Éclaircie précommerciale	Mineure	Éclaircie précommerciale (EPC)
Épidémie légère	Mineure	Épidémie légère (EL)
Dégagement	Mineure	Dégagement (DEG)

Pour un grand nombre de parcelles d'inventaire de fèces, le traitement sylvicole était inconnu (aucune donnée) ou faiblement représenté ( $n < 10$ ) à l'intérieur d'un ravage (**TABLEAU 20** et **TABLEAU 21**)



TABLEAU 20 : Répartition des perturbations « Majeures » dans les 292 parcelles inventoriées entre les différents ravages échantillonnés

Perturbations majeures	Biencourt	Duchénier	Pain de Sucre	Témiscouata	Total
Coupes totales	5	17	10	20	52
Autres	0	0	0	6	6
Plantations	17	0	11	0	28
Coupes en bandes	0	7	0	0	7
Inconnue	25	71	31	72	199
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>95</b>	<b>52</b>	<b>98</b>	<b>292</b>

TABLEAU 21 : Répartition des perturbations « Mineures » dans les 292 parcelles inventoriées entre les différents ravages échantillonnés

Perturbations mineures	Biencourt	Duchénier	Pain de Sucre	Témiscouata	Total
Coupe partielle	4	3	3	0	10
Dégagement	1	0	0	0	1
Éclaircie commerciale	9	0	4	4	17
Épidémie légère	3	6	0	7	16
Éclaircie précommerciale	4	5	6	5	20
Inconnue	26	81	39	82	228
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>95</b>	<b>52</b>	<b>98</b>	<b>292</b>

L'observation de la distribution de l'âge parmi les différents traitements a permis de considérer deux types de traitements (coupes totales et plantations) lorsque l'on considère les perturbations majeures (TABLEAU 22). Lorsque l'on considère les perturbations mineures, il a été possible de comparer tous les traitements, à l'exception de l'épidémie légère (TABLEAU 23).

TABLEAU 22 : Répartition des perturbations « Majeures » dans les parcelles de brouts entre les différentes classes d'âge

Perturbations majeures	0-10 ans	10-20 ans	20-30 ans	30-40 ans	40-50 ans	90-100 ans	Total
Autres	0	0	0	21	0	13	34
Coupes en bandes	0	0	0	47	0	0	47
Coupes totales	72	24	19	93	71	0	279
Plantations	1	0	57	36	16	0	110
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>24</b>	<b>76</b>	<b>197</b>	<b>87</b>	<b>13</b>	<b>470</b>



TABLEAU 23 : Répartition des perturbations « Mineures » dans les parcelles de brouts entre les différentes classes d'âge

Perturbations mineures	10–20 ans	20–30 ans	30–40 ans	Total
CP	38	21	0	59
EC	17	61	0	78
EL	0	0	73	73
EPC	48	59	0	107
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>141</b>	<b>73</b>	<b>317</b>

## Fèces

### Analyses statistiques et résultats

Les données ont été analysées à l'aide d'un test exact de Fisher qui permet de prendre en compte des tableaux de contingences avec de faibles effectifs. Les différentes classes de traitement sylvicoles ont été comparées deux à deux et les probabilités critiques ont été corrigées à l'aide d'une correction de Bonferroni, qui permet de corriger le seuil de significativité pour les comparaisons multiples. Les tests de Fisher n'ont pas permis de détecter des différences significatives entre la présence de fèces pour les traitements sylvicoles de type « Majeures » (TABLEAU 24).

TABLEAU 24 : Présentation du total d'échantillonnage, des absences, des présences, et du pourcentage de présences de fèces pour les différentes perturbations de type « Majeures »

Perturbations majeures	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
Autres	6	4	2	33,33
Coupes en bandes	7	6	1	14,29
Coupes totales	52	47	5	9,62
Plantations	28	24	4	14,29

La même procédure statistique a en revanche révélé des différences significatives entre certains types de perturbations mineures. En effet, deux groupes de traitements sylvicoles pouvaient être distingués : d'une part, les **éclaircies commerciales** et les **coupes partielles** qui présentaient un pourcentage de **présence de fèces élevé**, et d'autre part, les épidémies légères et les éclaircies précommerciales qui ne comportaient aucune fèce (TABLEAU 25).

TABLEAU 25 : Présentation du total d'échantillonnage, des absences, des présences, et du pourcentage de présences de fèces pour les différentes perturbations de type « Mineure ». Les lettres « a » et « b » représentent les traitements sylvicoles qui diffèrent

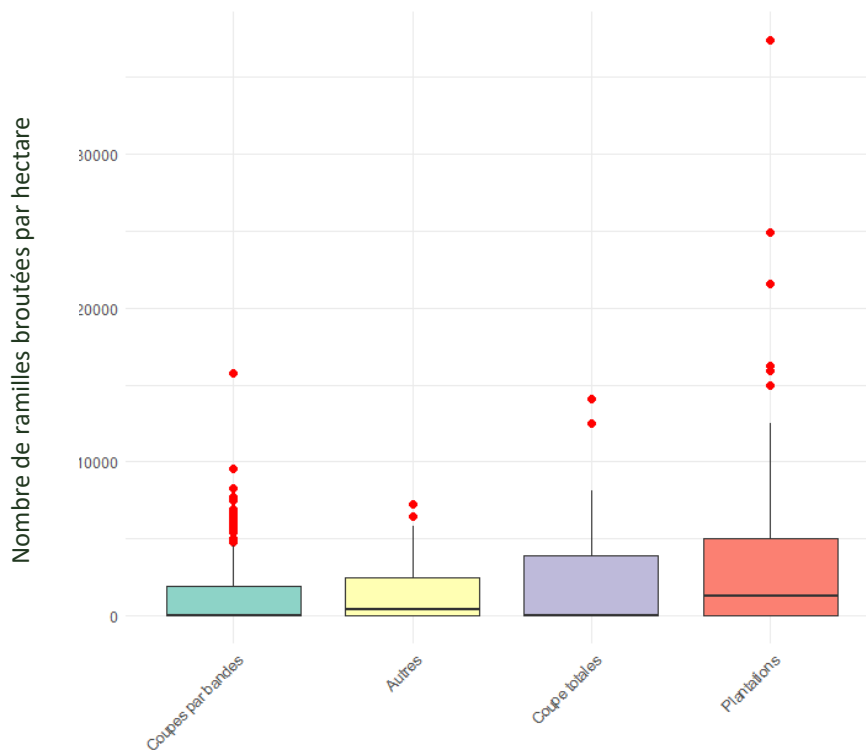
Perturbations mineures	Total	Absences	Présences	Pourcentage de présences
EC <i>a</i>	17	4	13	76,47
CP <i>a</i>	10	5	5	50
EL <i>b</i>	16	16	0	0
EPC <i>b</i>	20	20	0	0



## Brouts

### Analyses statistiques et résultats

Pour l'analyse du nombre de ramilles broutées par hectare en fonction du traitement sylvicole, les données ont été analysées à l'aide de modèles mixtes avec le ravage en effet aléatoire. Les modèles utilisés pour arriver aux résultats des **TABLEAU 26** et **27** avaient respectivement comme intercepts la classe « Coupes totales » et la classe « Éclaircies commerciales ». Le modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broutées par hectare en fonction des perturbations « majeures » semblait initialement démontrer que les plantations étaient des peuplements clairement plus broutés que les coupes totales (**FIGURE 5**, **TABLEAU 26**). Cependant, cette différence pourrait être expliquée par une disparité entre les classes d'âge de ces deux traitements, dans le cas où presque aucune plantation de moins de 20 ans n'avait été échantillonnée. En comparant uniquement les plantations et les coupes totales de 20 à 30 ans, aucune différence significative n'avait pu être observée, tandis que la différence était marquée pour les plantations et les coupes totales de 20 à 50 ans (**FIGURE 6**), indiquant que les peuplements plus âgés étaient probablement responsables de cette tendance. Il est cependant nécessaire d'interpréter ces résultats avec prudence, dans la mesure où un grand nombre de variables pouvant influencer la présence des cerfs de Virginie n'ont pas pu être prises en compte dans ce modèle, comme la taille des peuplements ou les essences présentes.

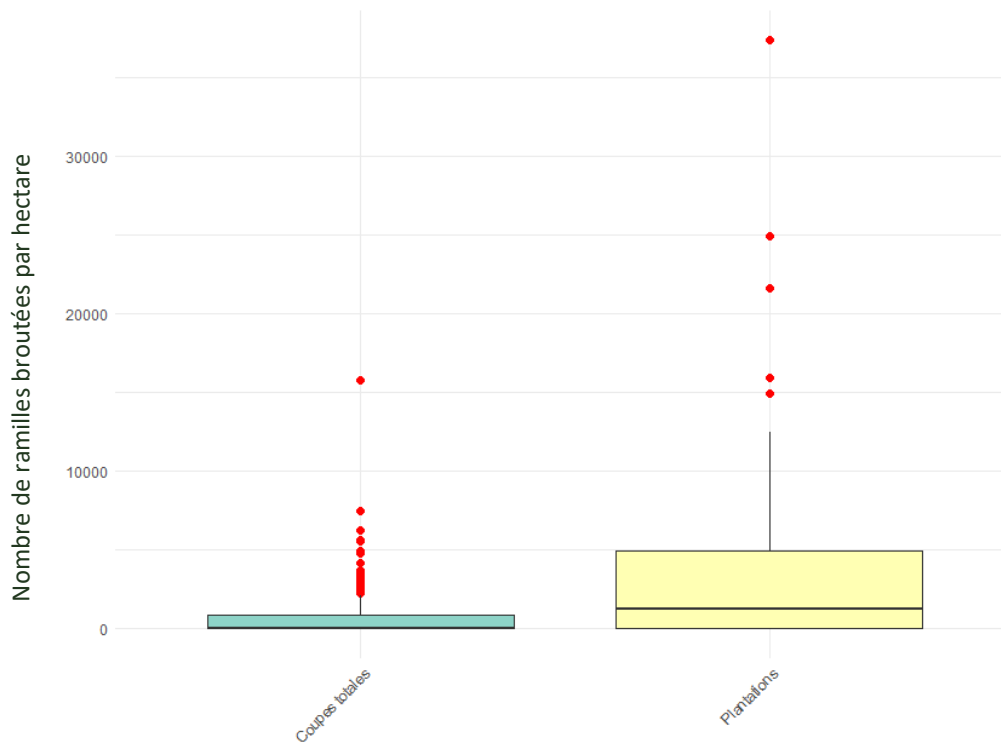


**FIGURE 5** : Nombre de ramilles broutées par hectare en fonction des différents types de traitements sylvicoles pour les 470 données de brouts dont l'origine était connue.



**TABLEAU 26** : Résultats du modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broûtées en fonction du traitement sylvicole de type origine. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe Coupes totales. Les résultats significatifs sont grisés.

Perturbations majeures	Estimé	Erreur type	Valeur de p
Coupes totales	1 209,13	484,11	0,07
Autres	671,80	720,44	0,35
Coupes en bandes	-172,59	578,60	0,77
Plantations	2 256,15	658,16	< 0,01



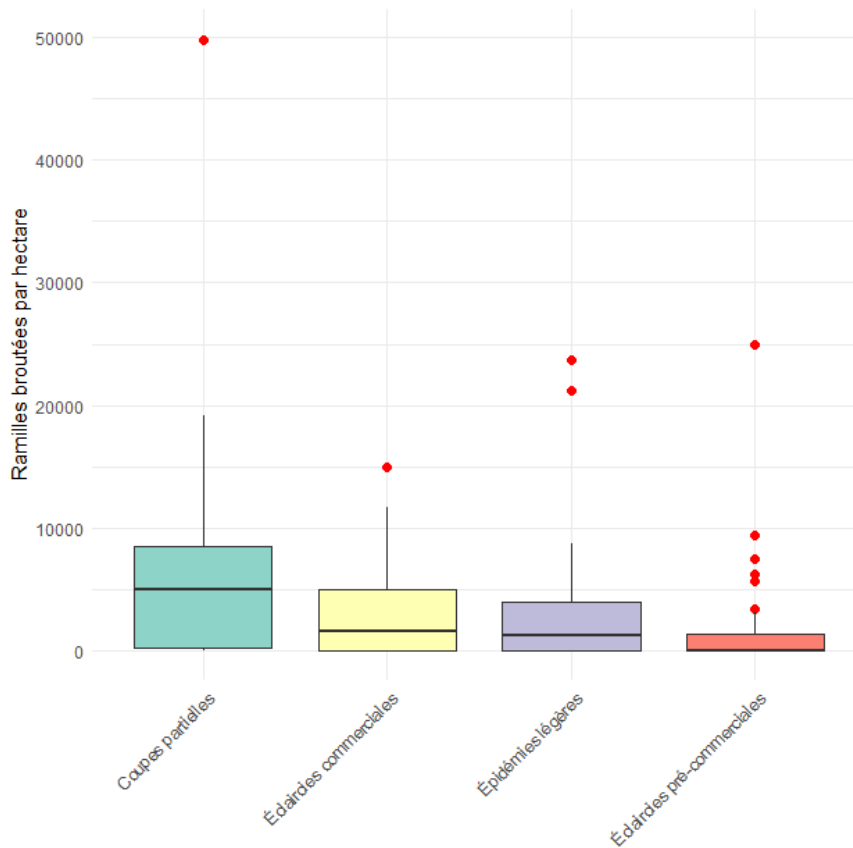
**FIGURE 6** : Nombre de ramilles broûtées par hectare pour les coupes totales et les plantations de 20 à 50 ans.

Le modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broûtées à l'hectare en fonction des perturbations mineures a permis de distinguer des différences significatives entre certaines classes de traitements sylvicoles (**FIGURE 7**). Cependant, la classe d'épidémies légères est la seule dont l'âge des peuplements est supérieur à 30 ans (**TABLEAU 23**). Il est donc difficile de déterminer si les résultats pour cette classe sont significatifs en raison du traitement, ou de l'âge des peuplements perturbés. En revanche, les trois autres classes avaient un échantillonnage pour des parcelles de 10 à 30 ans, ce qui implique que les résultats du modèle représentent probablement une tendance réelle, à savoir que les coupes partielles présentaient un nombre de ramilles broûtées par hectare significativement supérieur aux éclaircies commerciales qui elles-mêmes présentaient plus de brouts que les éclaircies précommerciales (**FIGURE 7**, **TABLEAU 27**).



**TABLEAU 27** : Résultats du modèle mixte expliquant le nombre de ramilles broutées en fonction du traitement sylvicole de type perturbation. Ici, la significativité des différentes classes est calculée en comparaison à la classe Éclaircies commerciales. Les résultats significatifs sont grisés.

<b>Perturbations mineures</b>	<b>Estimé</b>	<b>Erreur type</b>	<b>Valeur de p</b>
<b>Éclaircies commerciales</b>	3 261,00	865,07	< 0,01
<b>Éclaircies précommerciales</b>	-2 682,67	754,16	< 0,01
<b>Coupes partielles</b>	2 459,67	817,34	< 0,01
<b>Épidémies légères</b>	-1 521,14	898,20	0,09



**FIGURE 7** : Nombre de ramilles broutées par hectare en fonction des différents types de traitements sylvicoles pour les 317 parcelles de brouts dont la perturbation était connue.



## Discussion

Les résultats semblent indiquer que les peuplements affectés par une épidémie légère seraient de moins bonne qualité pour le cerf de Virginie. Ceci est intéressant puisqu'il s'agit du type de perturbation qui a affecté les peuplements les plus vieux dans les parcelles inventoriées. Or, les cerfs de Virginie sont connus pour utiliser préférentiellement les peuplements matures durant une grande partie de l'année (Bargabos *et al.*, 2024; Johnson *et al.*, 1995). Par ailleurs, si ces épidémies légères étaient des épidémies de tordeuses du bourgeon de l'épinette, il a déjà été démontré que lors des premières années, les cerfs désertent progressivement les peuplements touchés. Cependant, l'effet à long terme n'est pas bien connu (Potvin, 1980).

Les coupes partielles sont reconnues pour leur capacité à assurer une production soutenue de nourriture adaptée à l'alimentation des cerfs de Virginie grâce à des interventions forestières relativement fréquentes. Les coupes partielles peuvent également maintenir les caractéristiques nécessaires à la création d'abris (Bureau du Forestier en chef, 2022, Hébert *et al.* 2013). Ce régime de coupe semble offrir un équilibre optimal entre les besoins alimentaires et le maintien d'abris propice à cette espèce. Ces observations sont cohérentes avec les résultats de ce projet par rapport à l'éclaircie commerciale et les coupes partielles, qui favoriseraient l'utilisation et l'alimentation du cerf de Virginie.

Au Québec, l'application de l'éclaircie commerciale est une pratique relativement récente. Le Bas-Saint-Laurent est la région où il se fait le plus d'éclaircies commerciales au Québec. Bien que quelques études aient examiné les aspects sylvicoles et économiques liés à ce traitement, peu se sont penchées sur son impact précis sur la régénération et la complexification du peuplement, étant donné que ces aspects ne sont pas les principaux objectifs de son application. Dans le cadre d'un dispositif expérimental situé au Bas-Saint-Laurent, l'ouverture créée par l'éclaircie commerciale a favorisé l'établissement de la strate arbustive en sous-étage (Lamoureux *et al.*, 2013). La production de ramilles dans cette strate était comparable à celle d'un peuplement naturel. Cependant, l'augmentation du pourcentage d'utilisation du site par l'original suggère une accessibilité accrue au dispositif, facilitée par les sentiers de débardage et les ouvertures dans les peuplements (Lamoureux *et al.*, 2013). Les auteurs de l'étude prévoient cependant que cet effet stimulant sur la strate arbustive serait de courte durée dans le cas des éclaircies conventionnelles à 25 % et 35 %, en raison de la fermeture éventuelle de la canopée. On peut s'attendre à des effets similaires dans le cas du cerf de Virginie, observés par Gagné *et al.*, (2019) dans leur étude sur l'habitat de l'original.

En contraste, l'EPC et le dégagement sont couramment appliqués dans des peuplements en régénération de 5 à 20 ans et de 2 à 6 mètres de hauteur. Contrairement à l'éclaircie commerciale, l'EPC a un impact négatif marqué sur la quantité de ramilles disponible et sur l'obstruction visuelle dans la première année suivant son application (Amiri Ara *et al.*, 2022; Homyack *et al.*, 2007; Leblond *et al.*, 2015; Sansregret *et al.*, 2000). L'élimination d'arbres et d'arbustes dans la zone d'intervention de l'EPC entraîne des répercussions directes sur la disponibilité de brouet, pouvant notamment affecter les cerfs de Virginie. Cependant, après quelques années, les drageons génèrent une obstruction visuelle accrue au sein du peuplement, surtout en présence de sites à feuillus intolérants comme le peuplier (Gravel *et al.*, 2002). De plus, bien que certaines essences feuillues intolérantes à l'ombre réagissent à l'EPC en produisant des rejets de souches et des drageons, ceux-ci ne parviennent généralement pas à compenser la perte de brouet causée par ce traitement (Leblond *et al.*, 2015). Notons que des mesures d'atténuations applicables à l'EPC et au nettoyage ont été recommandées dès 2016 pour limiter les impacts négatifs sur la faune (Bourget and Perreault, 2016).

## Recommandations

D'après les résultats obtenus à la suite des analyses de données, il n'est pas encore possible de définir une stratégie d'aménagement claire et précise pour favoriser les populations de cerf de Virginie dans les 4 ravages étudiés au Bas-Saint-Laurent. Cependant, les éclaircies commerciales et les coupes partielles semblent avoir un effet favorable sur la présence du cerf comparativement aux éclaircies précommerciales. Prioriser une stratégie d'aménagement avec ouverture du couvert de faible dimension dans des peuplements mature plutôt que d'éclaircir en jeune âge serait probablement plus bénéfique pour le cerf en fonction des résultats obtenus. Comme les peuplements affectés par des épidémies légères semblaient peu utilisés par les cerfs de Virginie, ils pourraient bénéficier d'un aménagement forestier, dans la mesure où l'objectif est de maintenir ou promouvoir les caractéristiques d'habitat. Enfin, les traitements de plantations ne semblent pas avoir affecté négativement les populations de cerf, dont la présence semblait même plus forte. Une hypothèse soulevée par le MELCCFP est que les plantations permettraient aux cerfs de Virginie de s'alimenter



grâce à certaines essences plantées, comme le thuya occidental qui peut servir de nourriture durant les 4 saisons. Il est donc recommandé de continuer à faire des plantations d'essences diversifiées et de densité moins élevée pour permettre la circulation du cerf et la régénération naturelle d'essences broutées par celui-ci (Leblond *et al.*, 2015).

## 5. Considérations méthodologiques

---

L'objectif initial était de vérifier si le MQH provenant de la cartographie correspondait aux données forestières terrain. Toutefois, avec les données fournies et le type d'échantillonnage effectué, les résultats ne répondent que partiellement aux différents objectifs définis initialement. En effet, malgré l'effort d'échantillonnage important mis en place, leur répartition au sein des différentes classes à tester rendait difficile la réalisation de tests de significativité.

La faible robustesse de certaines analyses statistiques s'explique par les tailles d'échantillon et la stratification du jeu de données disponibles. Des échantillons de plus grande taille et mieux positionnés sur le terrain pour éviter les emplacements particuliers auraient pu permettre de mieux prendre en compte les différences d'échelles entre les données terrain et les données cartographiques. De plus, une stratification rigoureuse permettrait de répondre avec une plus grande robustesse aux objectifs 2 et 3 en déterminant plus précisément quelles catégories sont comparées, notamment en ce qui concerne le type de peuplement. Enfin, l'inventaire de fèces proposé souhaitait profiter du dispositif d'inventaire forestier en place. Toutefois, une réponse robuste à l'objectif devrait être recherchée en réalisant un inventaire plus spécifique pour le relevé de fèces (par transect ou sur des placettes plus grandes), afin de permettre d'analyser les données de façon numérique plutôt qu'en présence-absence.

En ce qui concerne l'utilisation du territoire par le cerf, les réseaux de pistes empruntés après une chute de neige importante vont probablement renseigner sur les peuplements où le cerf s'abrite et limite ses déplacements (Hewitt, 2011), tandis que les décomptes de brouts vont principalement fournir de l'information sur les classes liées à l'alimentation. Les relevés de crottins sont potentiellement plus efficaces, mais présentent tout de même un biais lié à leur décomposition en fonction de la période à laquelle les relevés sont réalisés.

## 6. Conclusion générale

---

Les travaux en lien avec le premier objectif ont démontré qu'il y avait une correspondance relativement bonne entre le classement basé sur les données cartographiques et celui réalisé à l'aide des données terrain. L'utilisation du modèle de qualité d'habitat pour caractériser l'habitat du cerf de Virginie est donc validée comme adéquate. Cependant, des améliorations demeurent possibles pour préciser l'exercice de classification à une échelle plus fine. L'inadéquation présente entre le MQH du cerf de Virginie et les observations terrain souligne le besoin de réviser et d'améliorer nos outils de modélisation pour qu'ils reflètent mieux la réalité complexe et dynamique des écosystèmes forestiers où le cerf de Virginie évolue. L'intégration des nouvelles technologies, telles que le Lidar, permettrait l'amélioration des modèles de qualité d'habitat. L'utilisation de ces données offre une compréhension plus précise et détaillée de l'environnement, surpassant en partie les limites des approches traditionnelles comme l'utilisation des cartes écoforestières, parfois insuffisantes pour les besoins précis de la conservation et de la gestion des habitats.

Les travaux en lien avec le second objectif ont permis de souligner l'importance de la présence du cerf de Virginie dans les peuplements d'abri durant la saison froide. Il est recommandé de s'assurer d'avoir une distribution uniforme des peuplements d'abri dans les ravages pour augmenter les chances de survie des cerfs en hiver. Sachant que le domaine vital du cerf de Virginie est en moyenne de 5 km<sup>2</sup> en hiver, et peut même descendre à 1 km<sup>2</sup> selon une experte du MELCCFP, cette surface de 1 km<sup>2</sup> devrait contenir environ 35 % d'abris et 25 % de « nourriture abris » pour favoriser leur survie (Hébert *et al.*, 2013). Selon Morrison *et al.* (2003), la forme des peuplements et le ratio périmètre influencent le comportement du cerf. Il est donc recommandé de fournir des abris avec une surface élevée et un périmètre faible.

Les travaux en lien avec le dernier objectif montrent un effet favorable des éclaircies commerciales et des coupes partielles, pratiques courantes dans la région du Bas-Saint-Laurent. Une stratégie d'aménagement qui favorise les ouvertures partielles du couvert forestier



semble efficace pour accroître l'utilisation et l'alimentation du cerf de Virginie dans les 4 ravages étudiés. Incorporer des arbres qui peuvent servir de nourriture pour le cerf ou encore planter avec une densité plus faible d'arbres pourrait également s'avérer bénéfique pour l'alimentation du cerf de Virginie.

Il existe différentes méthodes pour valider l'utilisation de l'habitat par le cerf et chacune répond à un objectif spécifique. Les réseaux de pistes empruntés après une chute de neige importante vont probablement fournir de l'information sur les peuplements où le cerf s'abrite et limite ses déplacements (Hewitt, 2011), tandis que les décomptes de brouets vont principalement sur les classes liées à l'alimentation. Les relevés de crottins sont potentiellement efficaces afin de permettre d'analyser les données de façon numérique. C'est pourquoi une diversité de méthode est intéressante. Cependant, d'autres méthodes alternatives pourraient aussi être envisagées, notamment l'utilisation de pièges photographiques. Cette méthode d'inventaire prometteuse permet non seulement d'avoir des estimés des densités de cervidés, mais également de l'utilisation qu'ils font de l'habitat.

## 7. Recommandations finales

---

Les données fournies ont permis de répondre à plusieurs questions en lien avec la validation des résultats du MQH, l'utilisation des ravages par le cerf de Virginie et les effets des traitements sylvicoles sur cette espèce. Les résultats issus de cette étude sont très prometteurs, et la méthode pourrait encore être améliorée à l'avenir.



Les résultats des travaux en lien avec le premier objectif ont permis de mettre en évidence que les classes d'IQH déterminées par les données cartographiques et par les données obtenues sur le terrain présentaient tout de même une **correspondance partielle relativement élevée (74 %)** et une **correspondance exacte moyenne (57 %)**. Cette différence pourrait théoriquement s'expliquer soit par les inventaires aériens forestiers qui sont connus pour être imprécis pour la prise de certaines données, ou par les inventaires de terrain qui n'ont pas permis de capter l'hétérogénéité des peuplements échantillonnés.



Les résultats des travaux en lien avec le second objectif ont permis de déterminer une **correspondance notable entre les classes d'IQH et l'utilisation des peuplements par le cerf de Virginie**. Cette correspondance a été **observée pour les classes d'IQH issues de la cartographie**, mais pas pour celles issues de l'inventaire de terrain. Cela implique que l'échantillonnage terrain pourrait nécessiter une amélioration pour de futures études. Cet objectif a aussi pu démontrer que les fèces étaient trouvées plus fréquemment dans les peuplements de type « abri » que dans ceux de type « nourriture-abri ». Ce résultat est confirmé par les réseaux de pistes, qui étaient en moyenne plus près de la classe « abri » que des classes « nourriture » et « nourriture-abri ». Cela semble justifier **l'importance cruciale des peuplements de type « abri »** dans les ravages de cerfs de Virginie.



Enfin, bien que la plupart des types de traitements n'aient pas pu être comparés en raison de leur faible abondance ou de leurs classes d'âge peu représentées, les résultats des travaux en lien avec l'objectif 3 ont permis de mettre en évidence que les **coupes partielles et les éclaircies commerciales sont plus favorables pour les cerfs de Virginie que les éclaircies précommerciales (EPC)**



## 8. Liste des références

- Amiri Ara, R., Paardenkooper, K., & van Duin, R. (2022). A new blockchain system design to improve the supply chain of engineering, procurement and construction (EPC) companies—a case study in the oil and gas sector. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(4), 887-913.
- Arumäe, T., & Lang, M. (2018). Estimation of canopy cover in dense mixed-species forests using airborne lidar data. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 132-141. <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1411169>
- Bargabos, M., Pruden, J., Garneau, D., & Lesser, M. (2024). White-Tailed Deer Habitat-Use Patterns across Forest Stands of Different Ages. *Northeastern Naturalist*, 30(4). <https://doi.org/10.1656/045.030.0412>
- Bourget, G., Perreault, M., 2016. Mesures d'atténuation applicables à l'éclaircie précommerciale (EPC) et au nettoyage - Région du Bas-Saint-Laurent. MFFP.
- Bureau du Forestier en Chef. (2022). Chapitre 4.7; Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État. Dans *Manuel de détermination des possibilités forestières*. <https://forestierenchef.gouv.qc.ca/possibilites-forestieres/periode-2023-2028/manuel-determination-2023-2028/>
- Chen, S., Liu, H., Feng, Z., Shen, C., & Chen, P. (2019). Applicability of personal laser scanning in forestry inventory. *PLOS ONE*, 14(2), e0211392. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211392>
- Cheveau, M., & Dussault, C. (2013). Guide d'utilisation des modèles de qualité de l'habitat. *ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec*, 25p.
- Dalla Corte, A. P., Souza, D. V., Rex, F. E., Sanquetta, C. R., Mohan, M., Silva, C. A., Zambrano, A. M. A., Prata, G., de Almeida, D. R. A., & Trautenmüller, J. W. (2020). Forest inventory with high-density UAV-Lidar : Machine learning approaches for predicting individual tree attributes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105815.
- Drolet, C.-A., 1978. Use of forest clear-cuts by white-tailed deer in southern New Brunswick and central Nova Scotia.
- Dussault, C., Courtois, R., Huot, J., & Ouellet, J.-P. (2001). The use of forest maps for the description of wildlife habitats : Limits and recommendations. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(7), 1227-1234. <https://doi.org/10.1139/x01-038>
- Franceschini, T., Roussel-Garneau, É., & 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.
- Gagné, L., Lesmerises, F., Larocque, C., Roussel-Garneau, É., Gagnon, L. 2019. Quantité et utilisation du brouet par l'original (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. 43 p.
- Germain, G., Potvin, F., & 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 ....
- Gilbert, S. L., Hundertmark, K. J., Person, D. K., Lindberg, M. S., & Boyce, M. S. (2017). Behavioral plasticity in a variable environment : Snow depth and habitat interactions drive deer movement in winter. *Journal of Mammalogy*, 98(1), 246-259. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw167>
- Gouvernement du Québec. (2023). *Cerf de Virginie*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/faune/animaux-sauvages-quebec/liste-des-especes-fauniques/cerf-virginie>
- Gravel, D., Laberge, R., Patry, A., Gravel, D., Lessard, G., & Blouin, D. (2002). *Suivi des effets réels des traitements dans les jeunes peuplements de peupliers*.
- Hébert, F., Hénault, M., Lamoureux, J., Bélanger, M., Vachon, M., & Dumont, A. (2013). Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. *ministère des Ressources naturelles et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs*, 62.
- Hewitt, D. G. (2011). *Biology and Management of White-tailed Deer*. CRC Press.
- Hojatimalekshah, A., Gongora, J., Enterkine, J., Glenn, N. F., Caughlin, T. T., Marshall, H. P., & Hiemstra, C. A. (2023). Lidar and deep learning reveal forest structural controls on snowpack. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(1), 49-54. <https://doi.org/10.1002/fee.2584>
- Homyack, J. A., Harrison, D. J., & Krohn, W. B. (2007). Effects of precommercial thinning on snowshoe hares in Maine. *The Journal of wildlife management*, 71(1), 4-13.
- Hopkinson, C., Sitar, M., Chasmer, L., & Treitz, P. (2004). Mapping Snowpack Depth beneath Forest Canopies Using Airborne Lidar. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(3), 323-330. <https://doi.org/10.14358/PERS.70.3.323>



- Hudak, A. T., Evans, J. S., & Stuart Smith, A. M. (2009). LiDAR Utility for Natural Resource Managers. *Remote Sensing*, 1(4), 934-951. <https://doi.org/10.3390/rs1040934>
- Johnson, A. S., Hale, P. E., Ford, W. M., Wentworth, J. M., French, J. R., Anderson, O. F., & Pullen, G. B. (1995). White-Tailed Deer Foraging in Relation to Successional Stage, Overstory Type and Management of Southern Appalachian Forests. *American Midland Naturalist*, 133(1), 18. <https://doi.org/10.2307/2426344>
- Kirchhoff, M. D., & Schoen, J. W. (1987). Forest Cover and Snow : Implications for Deer Habitat in Southeast Alaska. *The Journal of Wildlife Management*, 51(1), 28-33. <https://doi.org/10.2307/3801623>
- Lamoureux, J., Morissette, S., & Maisonneuve, C. (2013). Effets des éclaircies commerciales sur la faune et ses habitats : Résultats du projet du lac Huguette. *Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Regroupement régional des gestionnaires de ZECs*, 1-42.
- Laurin, A.-A., Nolet, P., & Dupuch, A. (2020). *Relation entre la dynamique spatiale hivernale du cerf de Virginie et la pression de broutage sur la régénération de l'érable dans les forêts feuillues aménagées du sud du Québec*.
- Lebel, F., & De Bellefeuille, S. (2021). Plan de gestion du cerf de Virginie 2020-2027. *Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs*, 50.
- Leblond, M., Dussault, C., & St-Laurent, M.-H. (2015). Low-density spruce plantations release foraging by moose in a northeastern temperate forest. *Forest Ecology and Management*, 347, 228-236.
- Lesage, L., Crête, M., Huot, J., Dumont, A., & Ouellet, J.-P. (2000). Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations. *Canadian Journal of Zoology*, 78(11), 1930-1940. <https://doi.org/10.1139/z00-117>
- Lone, K. (2015). *LiDAR, habitat structure and the ecology of ungulates in a landscape of fear*. [Thèse de doctorat]. Norwegian University of Life Sciences.
- Massé, S., Cheveau, M., Dussault, C., & Blanchette, P. (2013). Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune. *ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec*, 42.
- Ministère des Ressources naturelles et des Forêts. (2022). *Cartographie du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional*.
- Morrison, S. F., Forbes, G. J., Young, S. J., & Lusk, S. (2003). Within-yard habitat use by white-tailed deer at varying winter severity. *Forest Ecology and Management*, 172(2), 173-182. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00809-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00809-X)
- MRNF. (2023). *Forêt ouverte*. Forêt Ouverte. <https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>
- Nappi, A. (2013). Cerf de Virginie. Fascicule 4.7. *Dans Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018*, 175-181.
- Potvin, F. (1980). Short-term impact of a spruce budworm outbreak on a deer wintering area. *Canadian Journal of Forest Research*, 10(4), 559-563. <https://doi.org/10.1139/x80-092>
- Potvin, F., Bélanger, L., & Lowell, K. (1999). Validité de la carte forestière pour décrire les habitats fauniques à l'échelle locale : Une étude de cas en Abitibi-Témiscamingue. *The Forestry Chronicle*, 75(5), 851-859. <https://doi.org/10.5558/tfc75851-5>
- Sansregret, H., Québec, F. de la faune du, & forêt, Faculté des sciences du bois et de la Forêt. (2000). *Effets de l'éclaircie précommerciale sur le lièvre d'Amérique, les oiseaux forestiers et les petits mammifères et dans la sapinière à bouleau blanc : Rapport final*. Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval. <https://books.google.ca/books?id=HymqMwEACAAJ>
- Thompson, I. D., Maher, S. C., Rouillard, D. P., Fryxell, J. M., & Baker, J. A. (2007). Accuracy of forest inventory mapping: Some implications for boreal forest management. *Forest Ecology and Management*, 252(1), 208-221. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.033>
- Tufto, J., Andersen, R., & Linnell, J. (1996). Habitat Use and Ecological Correlates of Home Range Size in a Small Cervid: The Roe Deer. *The Journal of Animal Ecology*, 65(6), 715. <https://doi.org/10.2307/5670>
- Varhola, A., Coops, N. C., Bater, C. W., Teti, P., Boon, S., & Weiler, M. (2010). The influence of ground- and lidar-derived forest structure metrics on snow accumulation and ablation in disturbed forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(4), 812-821. <https://doi.org/10.1139/X10-008>
- Verme, L. J. (1973). Movements of White-Tailed Deer in Upper Michigan. *The Journal of Wildlife Management*, 37(4), 545. <https://doi.org/10.2307/3800320>
- Williamson, S.J., Hirth, D.H., 1985. An evaluation of edge use by white-tailed deer. *Wildl. Soc. Bull.* 1973-2006 13, 252-257.
- Zong, X., Wang, T., Skidmore, A. K., & Heurich, M. (2021). Estimating fine-scale visibility in a temperate forest landscape using airborne laser scanning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102478. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102478>



**cerfo**

FORMATION  
ACCOMPAGNEMENT  
RECHERCHE  
EN FORESTERIE

CERFO.QC.CA

2440, chemin Sainte-Foy  
Québec (Québec) G1V 1T2

Téléphone : (418) 659-4225  
Télécopieur : (418) 659-4226  
Courriel : [info@cerfo.qc.ca](mailto:info@cerfo.qc.ca)