

Évaluation de l'impact du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix sur la population de caribous de Charlevoix et propositions de mesures d'atténuation

Réalisé par :

Daniel Fortin (PhD, zoologie)
Lévis, Québec,



13 janvier 2025

Le présent document vise à évaluer l'impact anticipé du projet éolien Des Neiges - Secteur Charlevoix (NsC) sur la population de caribous de Charlevoix et d'identifier les secteurs les plus propices pour la mise en œuvre de mesures d'atténuation. L'analyse conclut qu'indépendamment de la réalisation du projet, le secteur des terres de la Seigneurie de Beaupré visé par le développement du projet NsC a peu de chances de contribuer au rétablissement de la population de caribous forestiers (*Rangifer tarandus caribou*) de Charlevoix et de favoriser la pérennité de cet effort.

Cette conclusion découle principalement de quatre constats :

- 1) La population de Charlevoix a décliné d'une façon graduelle, mais soutenue, depuis 2008, ce qui suggère que les conditions de l'habitat ne permettent pas le maintien de cette population.**
- 2) Les conditions actuelles de l'habitat du secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix sont moins adéquates que celles de l'aire de fréquentation principale de la population de Charlevoix en 2008, ainsi que les conditions actuelles.**
- 3) La restauration de l'habitat du secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix a peu de chance de contribuer au rétablissement et au maintien de la population de Charlevoix.**
- 4) Les mesures d'atténuation devraient contribuer davantage aux efforts de conservation en ciblant non seulement le secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix, mais également d'autres secteurs.**

Nous expliquons les observations sur lesquelles se basent ces constats.

1) Le déclin de la population de caribous de Charlevoix depuis 2008

Pour comprendre les conditions de l'habitat responsables du déclin de la population de caribous, il est nécessaire d'évaluer les facteurs influençant le taux de mortalité des adultes et le taux de recrutement au sein de la population. Bien que les causes exactes de la mortalité n'aient pas pu toujours être identifiées depuis 2008 (MFFP 2021), la prédation semble être le facteur proximal principal. D'une part, le taux de gestation a généralement été élevé, et d'autre part, la population est restée en deçà de la capacité de support de l'environnement. En effet, la densité de lichens permettrait de soutenir une population d'environ 130 caribous (Sebbane et coll. 2002), alors que l'effectif de la population est inférieur à 80 caribous depuis 2008. Cette situation est d'ailleurs typique pour le caribou forestier car la prédation tend à maintenir les populations à des densités inférieures à la capacité de support de l'habitat (p. ex., Bergerud 1974, Courtois et coll. 2007). Somme toute, la mortalité et le recrutement semblent principalement limités par la prédation.

Dans la région de Charlevoix, l'ours noir (*Ursus americanus*) est le principal prédateur des jeunes caribous (Pinard et coll. 2012). Bien que le loup (*Canis lupus*) contribue également à la mortalité des faons, son impact est plutôt marqué chez les adultes (MFFP 2021). Le taux de prédation auquel est soumise une population de proies dépend étroitement du taux de rencontre avec les prédateurs (Lima and Dill 1990), lequel est influencé par la

dynamique spatiale entre prédateurs et proies, ainsi que par l'efficacité des prédateurs et leur densité.

Relativement peu d'ours effectuent une recherche active de faons (Bastille-Rousseau et coll. 2011). Par conséquent, la prédation semble résulter principalement de rencontres fortuites entre ces omnivores et les faons du caribou. Cependant, ces rencontres ne sont pas étrangères à la stratégie de sélection de l'habitat par les mères. Lorsque les femelles caribous et leurs faons évitent les milieux fréquentés par les loups, elles risquent d'exposer leurs jeunes à un risque accru de prédation par les ours (Leblond et coll. 2016). En revanche, concernant la prédation des adultes par les loups, les caribous semblent pouvoir réduire leur risque en se réfugiant dans des forêts matures (Leblond et coll. 2016), bien que le taux de mortalité demeure globalement élevé (MFFP 2021).

Le taux de prédation dans la population de Charlevoix est fortement influencé par les perturbations anthropiques, notamment les routes et les coupes forestières. Par exemple, l'évitement du réseau routier améliorerait la survie des jeunes caribous (Leclerc et coll. 2014). Les faons ont d'ailleurs une probabilité accrue de mortalité s'ils occupent des secteurs à forte densité routière, particulièrement si le paysage contient peu de peuplements feuillus (Dussault et coll. 2012). Les routes influencent également les loups en facilitant leurs déplacements et en leur donnant accès à des peuplements où les caribous pouvaient se réfugier et, globalement, en augmentant leur succès de chasse (Dickie et coll. 2017, Mumma et coll. 2019).

Les ours noirs et les loups tirent parti directement ou indirectement de la végétation qui prospère après une coupe forestière. Par exemple, les ours privilégient les coupes de 6 à 20 ans, où ils trouvent une abondance de nourriture (Brodeur et coll. 2008). Pour les loups, les bénéfiques sont principalement indirects, passant par l'intermédiaire de l'orignal (*Alces alces*). Les feuilles et les ramilles d'essences feuillues constituent une part importante du régime alimentaire des orignaux (Schwartz 1992). Cette végétation se retrouve en abondance non seulement dans les jeunes peuplements mixtes et feuillus, mais aussi dans certains peuplements de conifères de 5 à 15 ans après une coupe (Dussault et coll. 2006, Gagné et coll. 2016). Ce phénomène d'enfeuillement fait que les parterres de coupe deviennent des points de rencontre entre les orignaux et les loups, particulièrement en forêt productive (Gagné et coll. 2016). Ainsi, la coupe forestière et le morcellement du paysage favorisent l'orignal (Schwartz and Franzmann 1991, Rempel et coll. 1997), au détriment du caribou (Hins et coll. 2009, Fortin et coll. 2017, Rudolph et coll. 2017).

De 1994 à 2009, la population d'orignaux dans la réserve faunique des Laurentides est passée de 2,2 individus/10 km² à 4,1 ± 0,5 individus/10 km². Cette croissance, qui aurait probablement continué jusqu'en 2013, aurait permis l'augmentation de la densité de loups observée entre 2008 et 2019 (Rochette and Dumont 2022). En retour, la réponse numérique des prédateurs aurait contribué à la chute majeure de la population de caribous durant cette période (MFFP 2021). Le déclin des caribous a été accompagné par celui des orignaux présumément à partir de 2013, réduisant leur densité à 2,2 ± 0,5 orignaux/10 km² en 2020 (Rochette and Dumont 2022). Cette récente diminution ne semble pas liée à une pénurie de nourriture, mais plutôt à des facteurs tels que le parasitisme et la prédation. La densité

d'originaux reste néanmoins nettement plus élevée que celle de moins de 1,0 originaux/10 km² observée dans la majorité de l'aire de répartition continue du caribou forestier (voir Figure 1 de Jensen et coll. 2018). Messier (1985) souligne que, lorsqu'aucune autre espèce d'ongulés n'est présente, une densité d'environ 2,0 originaux/10 km² est nécessaire pour soutenir une meute de loups. Ainsi, la densité d'originaux dans l'aire de fréquentation des caribous de Charlevoix se distingue, car elle permet à elle seule le maintien à long terme d'une population de loups.

Ces relations suggèrent que le taux de perturbations, en particulier celles d'origine humaine, engendrent une série de phénomènes qui, à terme, contribuent au déclin des populations de caribous. L'accumulation des perturbations anthropiques affecte à la fois la survie des adultes et des jeunes (Fortin et coll. 2017). En conséquence, le fort taux de perturbations dans l'aire occupée par les caribous de Charlevoix explique en grande partie son déclin. En effet, avec 89,6 % de son aire de fréquentation perturbée, principalement par les activités humaines, cette population présente des taux vitaux parmi les plus bas de la province, et un taux annuel de changement de la population de $\lambda = 0,67$ qui témoigne du déclin le plus marqué (MFFP 2021).

Nos analyses montrent que le taux de changement annuel de la population de Charlevoix dépend du nombre d'individus deux années auparavant (Fig. 1; aucune relation significative n'a été observée avec d'autres délais, avec $p > 0,13$ dans tous les cas). Ce décalage de deux ans suggère que les effets de la dégradation des conditions de l'habitat se manifestent avec un certain retard. Bien que les causes spécifiques demeurent inconnues, le délai pourrait être lié à des facteurs tels que la prédation ou des changements dans l'environnement. Par exemple, les loups pourraient maintenir des effectifs relativement élevés pendant un certain temps, même en cas de diminution des proies, ce qui entraînerait un taux de prédation soutenu et un délai dans la réponse démographique des proies. Des phénomènes tels que la dispersion, les déplacements à plus fine échelle ou des ajustements dans la sélection de l'habitat en réponse aux perturbations pourraient également avoir des répercussions deux ans plus tard. En d'autres termes, une gestion prudente s'avère nécessaire, car des conditions défavorables actuelles pourraient se traduire par des conséquences visibles dans deux ans.

2) Les conditions de l'habitat du secteur du projet éolien NsC, même sans le projet éolien, sont inadéquates pour contribuer au rétablissement de la population de caribous de Charlevoix

Nous avons détaillé les facteurs et les conditions largement responsables du déclin de la population de caribous de Charlevoix. Avec le recul, il est évident qu'en 2008, l'aire fréquentée par la population était déjà inadéquate pour assurer sa persistance à long terme. Le milieu a continué de se dégrader jusqu'à la mise en enclos de la population en 2022. Cependant, les conditions de l'habitat actuelles de l'aire de répartition demeurent moins préoccupantes que celles de l'habitat actuel du secteur NsC.

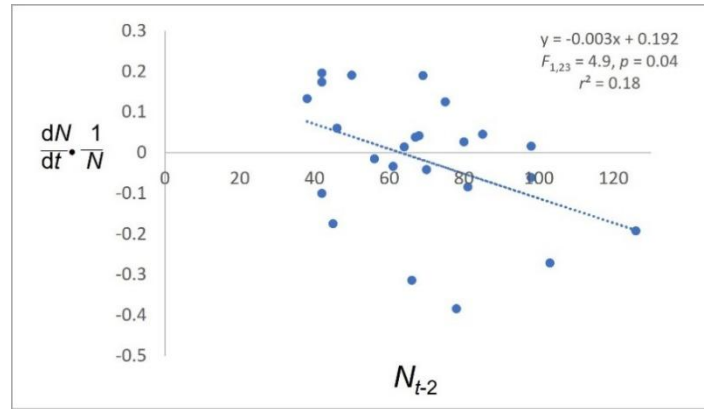


Figure 1. Relation entre le taux de changement instantané *per capita* de la population de caribou de Charlevoix de 1975-2020 et la taille de la population deux années auparavant (N_{t-2}).

Les structures permanentes, principalement les routes, occupent près de 97% du secteur NsC, et les coupes forestières plus de 84% (Tableau 1)^A. Les structures permanentes sont 21% plus faibles dans l'aire de fréquentation principale de la population de caribous de Charlevoix (c.-à-d., hors du secteur NsC), tandis que les coupes sont 29% moins présentes dans cette aire que dans le secteur NsC. Les peuplements mixtes ou de feuillus (incluant les peuplements ≤ 50 ans) couvrent plus de 35% du secteur NsC (Tableau 1). En comparaison, ces types de peuplement occupent entre 12% et 21% de l'aire de fréquentation principale de la population de caribous de Charlevoix selon la littérature (Sebbane et coll. 2002, Faille et coll. 2010, Dussault et coll. 2012, Labbé 2012, Pinard et coll. 2012) et 20% selon notre évaluation (Tableau 1). Le sapin baumier (*Abies balsama*), le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) sont les espèces arborescentes principales, toutes trois prisées par l'orignal. L'abondance relative de feuillus et de peuplements en régénération rend d'ailleurs le secteur NsC davantage favorable à l'ours noir (Jolicoeur 2004) et l'orignal (Courtois 2003) qu'au caribou. En effet, la quantité de feuillus est un critère essentiel pour évaluer la qualité de l'habitat pour l'orignal (Dussault et coll. 2006).

La densité d'orignaux des terres de la Seigneurie de Beupré était de $10,6 \pm 0,8$ individus/10 km² en 2004 et a atteint $15,3 \pm 1,6$ individus/10 km² en 2013 (Langevin et Bastien 2013b), soit une densité plus élevée que dans les secteurs environnants (Langevin et Bastien 2013a). Cette densité a ensuite chuté à 6,6 individus/10 km² en 2023 (Grenier-Potvin et Roy 2024). Malgré cette baisse, elle reste trois fois plus élevée que dans l'aire principalement occupée par la population de caribous de Charlevoix (Rochette et Dumont 2022). D'ailleurs, il faut souligner que les densités d'orignaux dans la réserve sont particulièrement élevées dans les secteurs adjacents à celui visé pour le projet NsC (Rochette et Dumont 2022). En somme, les conditions d'habitat du secteur NsC sont actuellement inadéquates pour accueillir des caribous sans compromettre leur survie. Cette

^A Il faut souligner que notre évaluation des perturbations retrouvées dans l'aire de répartition de la population de caribous, excluant le secteur NsC, présente des valeurs inférieures à celles rapportées par le MFFP (2021). Notre estimation devrait donc être conservatrice.

conclusion corrobore l'affirmation de Bergerud (2007) selon laquelle une densité de 2,5 orignaux/10 km² serait beaucoup trop élevée pour espérer maintenir une population autosuffisante de caribous forestiers en présence de loups.

Tableau 1. Caractéristiques de l'aire principale de la population de caribous forestiers de Charlevoix et du secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges – secteur Charlevoix.

Composition (%)	Secteur	
	Principal de la population	Des neiges – secteur Charlevoix
Résineux	66,5	43,2
Feuillus	2,0	6,0
Mixtes	18,0	29,1
Autres	13,4	21,7
Perturbation (%) ¹		
Permanententes	75,5	96,5
Coupes	54,9	84,3
Total ²	78,9	98,4

¹ Somme des pourcentages peut dépasser 100% car une zone tampon de 500 m a été ajoutée autour des perturbations anthropiques, suivant l'approche d'Environnement Canada (2012)

² Inclus les perturbations naturelles

3) La restauration de l'habitat du secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix a peu de chance d'aider au rétablissement et au maintien de la population de Charlevoix

Dans le cadre du rétablissement de la population de caribous de Charlevoix, l'approche la plus avantageuse semble être de réduire la probabilité que les caribous utilisent le secteur NsC. Bien qu'avant la mise en enclos, les caribous aient déjà partiellement fréquenté les terres de la Seigneurie de Beaupré^B, une utilisation prolongée entraînerait vraisemblablement un déclin de la population à moyen ou long terme, même en l'absence d'éoliennes.

Les perturbations permanentes occupent presque la totalité du secteur NsC. La fermeture et la restauration d'un nombre suffisant de kilomètres de chemins forestiers pour réduire le taux de perturbation à 35% prendrait plus de 50 ans (puisque Environnement Canada 2012 considère qu'un milieu coupé demeure une perturbation durant 50 ans), une période présumément plus longue que celle de l'utilisation de l'enclos. De plus, la remise en « production » des chemins serait non seulement coûteuse, mais risquerait également de rencontrer une forte opposition de la part des utilisateurs du territoire. Le réseau routier sert notamment d'accès aux sites de villégiature (p. ex., chalets, lieux d'hébergement), de

^B Comme les professionnels du gouvernement l'ont indiqué à la page, QC-7, du document « Étude d'impact sur l'environnement – Volume 4 : Réponses aux questions et commentaires ».

chasse et de pêche, aux secteurs utilisés par l'industrie forestière, etc. Ces activités forestières devraient d'ailleurs se poursuivre dans un avenir prévisible.

La forêt des NsC est dominée par des essences qui en font un habitat de qualité pour l'ours noir et l'orignal. Des échanges entre le gestionnaire de la Seigneurie et les responsables de la gestion de la faune au ministère ont permis de définir un objectif de densité d'orignaux variant entre 5 et 10 individus par 10 km² (Grenier-Potvin et Roy 2024). Bien que cette densité soit favorable pour les chasseurs, elle est jugée trop élevée pour permettre la coexistence avec une population de caribous forestiers (Bergerud 2007). De plus, certaines espèces, comme le coyote (*Canis latrans*) et le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), devraient étendre leur aire de répartition vers le nord dans les prochaines années (MFFP 2021, Chubbs et Phillips 2005, Dawe et Boutin 2016, Dickie et coll. 2024), en raison des changements de végétation et de climat anticipés (St-Laurent et coll. 2022, Labadie et coll. 2023). L'augmentation locale de la densité de ces espèces entraînerait, directement ou indirectement, une augmentation du taux de prédation pour les caribous, et devrait se produire dans le secteur NsC avant de s'étendre aux secteurs plus au nord. D'ailleurs, les deux espèces sont déjà présentes dans d'autres secteurs des terres de la Seigneurie de Beauré.

Afin de rétablir efficacement la population de caribous de Charlevoix, il semble plus stratégique de limiter leur accès au secteur NsC qui est très fortement perturbé et de les orienter vers des secteurs plus au nord, où la restauration serait moins complexe et où l'habitat serait plus favorable au caribou qu'à ses prédateurs et leurs proies alternatives. De plus, une fois les caribous relâchés de l'enclos, leur aire de répartition devrait être influencée par leur séjour en captivité (Hoffart et coll. 2024, Walker et coll. 2024). Cette aire future dépendra de plusieurs facteurs, tels que les patrons spatiaux de qualité et de connectivité de l'habitat, les modalités du relâchement et la localisation de l'enclos. Bien que les individus capturés en nature puissent retourner sur les sites qu'ils occupaient auparavant (Walker et coll. 2024), les secteurs à proximité de l'enclos devraient être fortement utilisés (Hoffart et coll. 2024).

La situation actuelle offre une occasion unique de façonner l'aire de répartition de la population afin de maximiser ses chances de persistance à moyen et long terme. Selon notre évaluation, atteindre cet objectif serait plus facilement réalisable en excluant le secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix et plus généralement les terres fortement perturbées de la Seigneurie de Beauré.

4) Les mesures d'atténuation devraient cibler non seulement le secteur visé par le développement du projet éolien des Neiges-secteur Charlevoix, mais également d'autres secteurs.

Il existe plusieurs avenues pour la restauration de l'habitat. Les mesures sur le site de développement sont limitées, car la construction de routes et d'éoliennes est destructrice, et les sites, y compris les routes, sont maintenus à long terme. Peut-être serait-il néanmoins possible de minimiser l'accès au secteur durant la phase de construction et d'éviter d'ajouter

à la fragmentation de l'habitat « sur le long terme » par la construction de routes isolées dans des secteurs relativement peu perturbés ou dont les perturbations sont temporaires. Une stratégie d'aménagement du territoire consiste d'ailleurs à regrouper les perturbations afin de créer des zones fortement perturbées, qui seront évitées par les caribous, et d'autres zones faiblement perturbées, plutôt que d'avoir un territoire moyennement perturbé dans son ensemble (Courtois 2003). Il faut également éviter que certains peuplements matures de conifères se retrouvent isolés et attirent les caribous. En effet, les effets de bordure tendent à augmenter la probabilité de cooccurrence entre les caribous et leurs prédateurs, entraînant ainsi un risque de prédation relativement élevé (Courbin et coll. 2009, Fortin et coll. 2013, Fortin et coll. 2015, Vanlandeghem et coll. 2021, Labadie et coll. 2023). Cela dit, il est également important de considérer que l'effet global de ces mesures pourrait s'avérer contre-productif pour le rétablissement de la population, en incitant les caribous à fréquenter le secteur NsC, où les risques de dérangement et de prédation sont vraisemblablement plus élevés.

La mise en place de mesures de restauration dans l'aire de répartition du caribou de Charlevoix, hors du secteur NsC, pourrait possiblement aider davantage au rétablissement et au maintien d'une population autosuffisante. Les approches les plus prometteuses résident probablement dans la restauration des sites perturbés par des chemins et le reboisement avec différentes essences de conifères telles que l'épinette noire (*Picea mariana*) et le pin gris (*Pinus banksiana*). Ces travaux pourraient être réalisés dans les zones les plus perturbées, mais où l'utilisation par les caribous était élevée au cours des années précédant la mise en enclos.

Une alternative envisageable serait d'identifier des secteurs qui étaient peut-être moins utilisés avant la mise en enclos, mais qui permettraient de réduire de manière significative le niveau de perturbations. Par exemple, la restauration pourrait se concentrer sur des chemins scindant des peuplements de conifères qui sont autrement relativement peu perturbés. Il serait également pertinent de prioriser la restauration de zones déterminantes pour la connectivité de peuplements peu perturbés, ou d'inciter les caribous à s'éloigner des secteurs où le risque de rencontre avec des prédateurs (ours noirs, loups et, éventuellement, coyotes) est particulièrement élevé, ou qui sont, ou deviendront, riches en proies alternatives telles que les orignaux et les cerfs de Virginie. Contrairement à l'orignal, les conditions hivernales, notamment de neige, serait alors un critère majeur pour identifier les secteurs potentiels. Ces mesures, toutefois, ne porteront leurs fruits qu'à long terme, tandis que toute nouvelle perturbation aura des effets immédiats. Il ne faut pas faire l'erreur d'offrir de compenser une certaine perte d'habitat due au développement par un pourcentage équivalent de restauration ailleurs, car cette mesure sera insuffisante.

Puisque le caribou forestier a besoin de grands massifs forestiers âgés pour se maintenir, et que ces massifs sont défavorables à ses prédateurs et leurs proies principales, une possibilité serait de soustraire certaines superficies à des coupes prévues en périphérie du parc des Grands Jardins. Cela pourrait se faire sous forme de compensations pour le retrait de ces superficies à la possibilité forestière, afin de les conserver en vieilles forêts. Il serait possible que la mesure permette également de créer une zone tampon entre le parc et des secteurs où l'habitat est moins favorable aux caribous. L'idée maîtresse serait de préserver

la plus grande superficie possible de forêts intactes dans les zones de terres publiques connectées au parc, là où la densité d'utilisation par les caribous est la plus élevée. Cette mesure viserait à rendre ces secteurs aussi peu attrayants que possible pour les prédateurs du caribou et leurs proies principales.

Une autre approche serait de participer au financement de l'enclos, c.-à-d., à l'entretien, aux agrandissements, aux frais fixes de nourriture, etc. Une contribution à un éventuel programme d'entraînement à des comportements anti-prédateurs avant le relâchement, ou aux efforts de suivi nécessaires après celui-ci. Un financement pourrait également être alloué à la recherche visant à optimiser la configuration spatiale des mesures d'atténuation afin d'en maximiser l'efficacité. Ce serait une manière de soutenir les efforts de conservation destinés à préserver la population de caribous de Charlevoix.

En somme, le projet éolien NsC semble comporter peu de risques pour le rétablissement de la population du caribou forestier de Charlevoix, notamment parce que les conditions d'habitat y sont plus favorables aux prédateurs et à leur proies alternatives (p. ex., orignal) qu'aux caribous, et cette situation a peu de chances d'évoluer avec le temps. La promotion de l'utilisation de secteurs alternatifs pourrait constituer une solution plus efficace.

Remerciements

Nous remercions Matthieu Féret et Jonathan Lepage de PESCA Environnement pour avoir réalisé les analyses géomatiques et nous avoir fourni les informations rapportées au Tableau 1. Steeve Côté (biologiste expert du caribou) a examiné et commenté le rapport, et il en approuve le contenu.

Références

- Bastille-Rousseau, G., D. Fortin, C. Dussault, R. Courtois, et J.-P. Ouellet. 2011. Foraging strategies by omnivores: are black bears actively searching for ungulate neonates or are they simply opportunistic predators? *Ecography* **34**:588-596.
- Bergerud, A. T. 1974. Decline of caribou in North-America following settlement. *Journal of Wildlife Management* **38**:757-770.
- Bergerud, A. T. 2007. The need for the management of wolves — an open letter. *Rangifer* **17**:39-50.
- Brodeur, V., J.-P. Ouellet, R. Courtois et D. Fortin. 2008. Habitat selection by black bears in an intensively logged boreal forest. *Canadian Journal of Zoology* **86**:1307-1316.
- Chubbs, T. E. et F. R. Phillips. 2005. Evidence of range expansion of eastern Coyotes, *Canis latrans*, in Labrador. *Canadian Field-Naturalist* **119**:381-384.
- Courbin, N., D. Fortin, C. Dussault et R. Courtois. 2009. Landscape management for woodland caribou: the protection of forest blocks influences wolf-caribou co-occurrence. *Landscape Ecology* **24**:1375-1388.
- Courtois, R. 2003. La conservation du caribou forestier dans un contexte de perte d'habitat et de fragmentation du milieu. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec. 350 p.
- Courtois, R., J. P. Ouellet, L. Breton, A. Gingras et C. Dussault. 2007. Effects of forest disturbance on density, space use, and mortality of woodland caribou. *Écoscience* **14**:491-498.

- Dawe, K. L. et S. Boutin. 2016. Climate change is the primary driver of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) range expansion at the northern extent of its range; land use is secondary. *Ecology and Evolution* **6**:6435-6451.
- Dickie, M., R. Serrouya, M. Becker, C. DeMars, M. J. Noonan, R. Steenweg, S. Boutin et A. T. Ford. 2024. Habitat alteration or climate: What drives the densities of an invading ungulate? *Global Change Biology* **30**: e17286.
- Dickie, M., R. Serrouya, R. S. McNay et S. Boutin. 2017. Faster and farther: wolf movement on linear features and implications for hunting behaviour. *Journal of Applied Ecology* **54**:253-263.
- Dussault, C., R. Courtois et J. P. Ouellet. 2006. A habitat suitability index model to assess moose habitat selection at multiple spatial scales. *Canadian Journal of Forest Research* **36**:1097-1107.
- Dussault, C., V. Pinard, J. P. Ouellet, R. Courtois et D. Fortin. 2012. Avoidance of roads and selection for recent cutovers by threatened caribou: fitness-rewarding or maladaptive behaviour? *Proceedings of the Royal Society B* **279**:4481–4488.
- Environment Canada. 2012. Recovery Strategy for the Woodland Caribou (*Rangifer tarandus caribou*), Boreal population, in Canada. Species at Risk Act Recovery Strategy Series. Environment Canada, Ottawa. xi + 138pp.
- Faille, G., C. Dussault, J.-P. Ouellet, D. Fortin, R. Courtois, M.-H. St-Laurent et C. Dussault. 2010. Range fidelity: The missing link between caribou decline and habitat alteration? *Biological Conservation* **143**:2840-2850.
- Fortin, D., F. Barnier, P. Drapeau, T. Duchesne, C. Dussault, S. Heppell, M. C. Prima, M. H. St-Laurent et G. Szor. 2017. Forest productivity mitigates human disturbance effects on lateral prey exposed to apparent competitors and predators. *Scientific Reports* **7**: **6370**.
- Fortin, D., P.-L. Buono, A. Fortin, N. Courbin, C. T. Gingras, P. R. Moorcroft, R. Courtois et C. Dussault. 2013. Movement responses of caribou to human-induced habitat edges lead to their aggregation near anthropogenic features. *American Naturalist* **181**:827–836.
- Fortin, D., P. L. Buono, O. J. Schmitz, N. Courbin, C. Losier, M. H. St-Laurent, P. Drapeau, S. Heppell, C. Dussault, V. Brodeur et J. Mainguy. 2015. A spatial theory for characterizing predator - multiprey interactions in heterogeneous landscapes. *Proceedings of the Royal Society B* **282**:99-108.
- Gagné, C., J. Mainguy et D. Fortin. 2016. The impact of forest harvesting on caribou-moose-wolf interactions decreases along a latitudinal gradient. *Biological Conservation* **197**:215-222.
- Grenier-Potvin, A. et G. Roy. 2024. Inventaire aérien de l'orignal dans la seigneurie de Beaupré, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, Québec, 29 p.
- Hins, C., J. P. Ouellet, C. Dussault et M. H. St-Laurent. 2009. Habitat selection by forest-dwelling caribou in managed boreal forest of eastern Canada: Evidence of a landscape configuration effect. *Forest Ecology and Management* **257**:636-643.
- Hoffart, D., C. J. Johnson et R. S. McNay. 2024. Go where you know: range expansion and fidelity in mountain caribou following eight years of maternity penning. *Animal Conservation*. doi:10.1111/acv.12975.

- Jensen, W. F., J. R. Smith, M. Carstensen, C. E. Penner, B. M. Hosek et J. J. Maskey. 2018. Expanding GIS analyses to monitor and assess North America moose distribution and density. *Alces* **54**:45-54.
- Jolicoeur, H. 2004. Estimation de la densité d'ours noirs dans différents types de végétation à l'aide de traceurs radioactifs - Période 1984-199, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. 44 p.
- Labadie, G., C. Hardy, Y. Boulanger, V. Vanlandeghem, M. Hebblewhite et D. Fortin. 2023. Global change risks a threatened species due to alteration of predator-prey dynamics. *Ecosphere* **14**:e4485.
- Labbé, M.-C. 2012. Jeu prédateur-proie entre le caribou forestier et le loup gris : Un effet saute-mouton spatialement structuré. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec. 53 p.
- Langevin, B. et H. Bastien. 2013a. Inventaire aérien de l'orignal dans la zone de chasse 27 à l'hiver 2013. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction régionale de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, Secteur de la faune, Québec. 16 p.
- Langevin, B. et H. Bastien. 2013b. Inventaire aérien de l'orignal sur le territoire de la Seigneurie de Beaupré à l'hiver 2013, Québec, ministère des Ressources naturelles. 16 p.
- Leblond, M., C. Dussault, J. P. Ouellet et M. H. St-Laurent. 2016. Caribou avoiding wolves face increased predation by bears - Caught between Scylla and Charybdis. *Journal of Applied Ecology* **53**:1078-1087.
- Leclerc, M., C. Dussault et M. H. St-Laurent. 2014. Behavioural strategies towards human disturbances explain individual performance in woodland caribou. *Oecologia* **176**:297-306.
- Lima, S. L. et L. M. Dill. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* **68**:619-640.
- Messier, F. 1985. Social organization, spatial distribution, and population density of wolves in relation to moose density. *Canadian Journal of Zoology* **63**:1068-1077.
- MFFP [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs] (2021) Revue de littérature sur les facteurs impliqués dans le déclin des populations de caribous forestiers au Québec et de caribous montagnards de la Gaspésie. Gouvernement du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, ISBN (PDF) : 978-2-550-90679-7.
- Mumma, M. A., M. P. Gillingham, K. L. Parker, C. J. Johnson et M. Watters. 2019. Predation risk for boreal woodland caribou in human-modified landscapes: Evidence of wolf spatial responses independent of apparent competition. *Biological Conservation* **228**:215-223.
- Pinard, V., C. Dussault, J.-P. Ouellet, D. Fortin et R. Courtois. 2012. Calving rate, calf survival rate and habitat selection of forest-dwelling caribou in a highly managed landscape. *Journal of Wildlife Management* **76**:189-199.
- Rempel, R. S., P. C. Elkie, A. R. Rodgers et M. J. Gluck. 1997. Timber-management and natural-disturbance effects on moose habitat: Landscape evaluation. *Journal of Wildlife Management* **61**:517-524.

- Rochette, B. et J.-F. Dumont. 2022. Inventaire aérien de l'orignal dans la réserve faunique des Laurentides à l'hiver 2020, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 23 p.
- Rudolph, T., P. Drapeau, L. Imbeau, V. Brodeur, S. Légaré et M.-H. St-Laurent. 2017. Demographic responses of boreal caribou to cumulative disturbances highlight elasticity of range-specific tolerance thresholds. *Biodiversity and Conservation* **26**:1179-1198.
- Schwartz, C. C. 1992. Physiological and nutritional adaptations of moose to northern environments. *Alces Supplement* **1**:139-155.
- Schwartz, C. C. et A. W. Franzmann. 1991. Interrelationship of black bears to moose and forest succession in the northern coniferous forest. *Wildlife Monographs* **113**:1-58.
- Sebbane, A., R. Courtois, S. St-Onge, L. Breton et P.-É. Lafleur. 2002. Utilisation de l'espace et caractéristiques de l'habitat du caribou forestier de Charlevoix, entre automne 1998 et l'hiver 2001. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec. 59 p.
- St-Laurent, M. H., Y. Boulanger, D. Cyr, F. Manka, P. Drapeau et S. Gauthier. 2022. Lowering the rate of timber harvesting to mitigate impacts of climate change on boreal caribou habitat quality in eastern Canada. *Science of The Total Environment* **838**: 156244.
- Vanlandeghem, V., P. Drapeau, M.-C. Prima, M.-H. St-Laurent et D. Fortin. 2021. Management-mediated predation rate in the caribou–moose–wolf system: spatial configuration of logging activities matters. *Ecosphere* **12**:e03550.
- Walker, P. D., A. R. Rodgers, J. Shuter, J. M. Fryxell et E. H. Merrill. 2024. Woodland caribou calving fidelity: Spatial location, habitat, or both? *Ecology and Evolution* **14**:e11480.