

## Réponses comportementales du caribou forestier à l'élargissement d'un axe routier majeur

Mathieu Leblond, Christian Dussault and Jean-Pierre Ouellet

Volume 136, Number 2, Spring 2012

Routes et faune terrestre : de la science aux solutions

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1009102ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1009102ar>

[See table of contents](#)

### Publisher(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

### ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

### Cite this article

Leblond, M., Dussault, C. & Ouellet, J.-P. (2012). Réponses comportementales du caribou forestier à l'élargissement d'un axe routier majeur. *Le Naturaliste canadien*, 136(2), 22–28. <https://doi.org/10.7202/1009102ar>

### Article abstract

Nous avons évalué les réactions du caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*) face à une route majeure avant, pendant et après son élargissement. Nous avons suivi 53 individus par télémétrie GPS de 2004 à 2010, et avons étudié leurs déplacements et leur distribution par rapport à la route 175, en réfection depuis 2006. Nous avons comparé le taux des traversées réelles de la route par les caribous à des traversées de routes aléatoires, et avons mesuré le taux de déplacement des caribous au moment d'une traversée. Nous avons aussi évalué la sélection des ressources dans le domaine vital des individus, ainsi que dans des zones de 1 250, 2 500 et 5 000 m de chaque côté de la route. Seulement 12 caribous traversèrent la route, pour un total de 93 traversées en 7 ans. Moins de localisations de caribous furent observées près de la route pendant et après les travaux de réfection, qu'avant les travaux. Le taux de déplacement des caribous fut plus élevé à proximité de la route, particulièrement lorsque la densité du trafic était élevée. Nous concluons que la connectivité entre les 2 côtés de la route doit être maintenue afin de maximiser les chances de viabilité de cette population au statut précaire.

# Réponses comportementales du caribou forestier à l'élargissement d'un axe routier majeur

Mathieu Leblond, Christian Dussault et Jean-Pierre Ouellet

## Résumé

Nous avons évalué les réactions du caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*) face à une route majeure avant, pendant et après son élargissement. Nous avons suivi 53 individus par télémétrie GPS de 2004 à 2010, et avons étudié leurs déplacements et leur distribution par rapport à la route 175, en réfection depuis 2006. Nous avons comparé le taux des traversées réelles de la route par les caribous à des traversées de routes aléatoires, et avons mesuré le taux de déplacement des caribous au moment d'une traversée. Nous avons aussi évalué la sélection des ressources dans le domaine vital des individus, ainsi que dans des zones de 1 250, 2 500 et 5 000 m de chaque côté de la route. Seulement 12 caribous traversèrent la route, pour un total de 93 traversées en 7 ans. Moins de localisations de caribous furent observées près de la route pendant et après les travaux de réfection, qu'avant les travaux. Le taux de déplacement des caribous fut plus élevé à proximité de la route, particulièrement lorsque la densité du trafic était élevée. Nous concluons que la connectivité entre les 2 côtés de la route doit être maintenue afin de maximiser les chances de viabilité de cette population au statut précaire.

**MOTS CLÉS :** comportement d'évitement, écologie routière, perturbations anthropiques, *Rangifer tarandus caribou*, zone de dérangement

## Introduction

Depuis la révolution industrielle, l'homme a des impacts négatifs majeurs sur son environnement (Vitousek et collab., 1997), et plus particulièrement sur la faune terrestre (Morrison et collab., 2007). Le réseau routier nord-américain, par exemple, totalise plus de 8 millions de kilomètres et son développement montre peu de signes de ralentissement (Forman et collab., 2002). Chaque année, et ce, partout à travers le monde, des routes existantes sont élargies pour permettre le passage d'un plus grand nombre de véhicules, et de nouvelles routes sont créées dans des régions autrefois vierges (Tillmann, 2005). La grande faune est particulièrement susceptible d'être affectée par les routes. Les ongulés, par exemple, utilisent de grands domaines vitaux et se déplacent beaucoup, ce qui augmente la probabilité qu'ils rencontrent des routes (Gibbs et Shriver, 2002). De plus, les mortalités directes (p. ex. : les collisions routières) et indirectes (p. ex. : l'augmentation du risque de prédation) causées par les routes affectent davantage ces espèces qui possèdent une grande longévité et un faible taux de reproduction (Rytwinski et Fahrig, 2011).

À travers son aire de répartition, le caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*) (figure 1) est confronté à plusieurs types de perturbations anthropiques, parmi lesquelles les routes ont généralement des effets très néfastes (Dyer et collab., 2002; Leblond et collab., 2011). En effet, il a été démontré que les caribous n'évitaient pas seulement la surface pavée des routes, mais aussi une zone de dérangement (au sens de Forman et Deblinger, 2000) d'au moins 1,25 km de part et d'autre des routes très fréquentées (Leblond et collab., 2011). À proximité des routes, les caribous changent leurs déplacements, diminuent leur acquisition de nourriture et modifient leur bilan énergétique à la suite des taux de déplacement plus élevés et à l'augmentation des comportements de vigilance (Murphy et Curatolo, 1987).

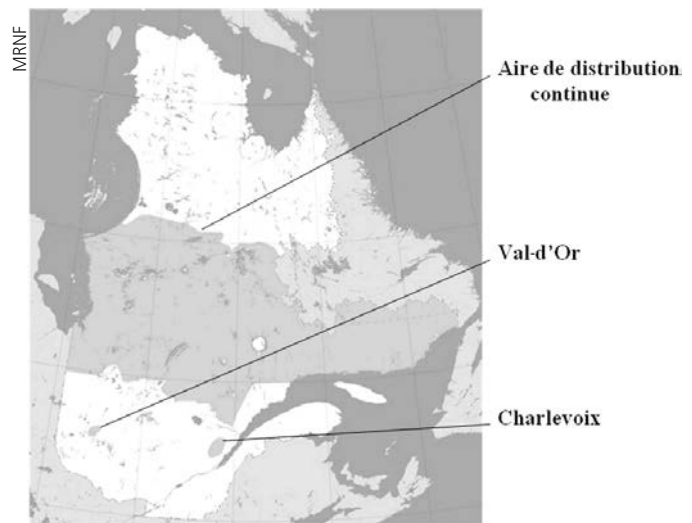


Figure 1. Le caribou forestier est un écotype du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) que l'on trouve principalement en forêt boréale, entre les 49<sup>e</sup> et 55<sup>e</sup> parallèles. La population de Charlevoix est la plus méridionale et elle est complètement isolée des autres populations.

Mathieu Leblond (biologiste, M. Sc.) est étudiant au doctorat en biologie à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR).

mathieu\_leblond@uqar.qc.ca

Christian Dussault (biologiste, Ph.D.) est chercheur au Service de la faune terrestre et de l'avifaune du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF).

Jean-Pierre Ouellet (biologiste, Ph. D.) est vice-recteur à la formation et à la recherche à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR).

Entre les villes de Québec et de Saguenay, le ministère des Transports du Québec (MTQ) est engagé, depuis 2006, dans l'élargissement de la route provinciale 175, afin d'en faire une route à 4 voies divisées par un terre-plein (c'est-à-dire 3 fois plus large qu'auparavant) (Bédard, 2012). Cette dernière sépare l'aire de répartition du caribou de Charlevoix en son centre. Cette population ne comptait qu'un peu plus de 80 individus en 2008, et possède le statut d'espèce menacée au Canada (COSEPAC, 2002) et d'espèce vulnérable au Québec (Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec, 2008). Afin d'évaluer les impacts de la route et des travaux de réfection sur le comportement du caribou, nous avons utilisé 3 indices de dérangement, soit la largeur de la route, l'activité aux chantiers de construction et la densité de trafic. Notre prédiction était que la zone évitée par le caribou en périphérie de la route serait plus large là où la route aurait 4 voies au lieu de 2, dans les secteurs en chantier (où on trouve des travailleurs, des véhicules lourds et du dynamitage) et en période de forte densité de trafic. Nous étions particulièrement intéressés à évaluer les impacts de la route sur les déplacements et la distribution du caribou.

### Aire d'étude

L'aire d'étude (environ 7 250 km<sup>2</sup>) était localisée au nord de la ville de Québec, dans la réserve faunique des Laurentides (47°10' 48"00' N, 70°30' 71"50' O), et incluait le parc des Grands-Jardins et une partie des parcs de la Jacques-Cartier et des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie (figure 2). Cette aire d'étude est caractérisée par un mélange de peuplements de conifères et mixtes typiques de la forêt boréale. Le sapin baumier (*Abies balsamea*) et l'épinette noire (*Picea mariana*) dominent en haute altitude, tandis que les vallées et les autres secteurs de plus basse altitude sont couverts de peuplements mixtes et décidus. L'aire d'étude est recouverte par des milieux forestiers (56 %) et des milieux perturbés (37 %), principalement des coupes et des chemins forestiers. L'orignal (*Alces alces*), le loup gris (*Canis lupus*) et l'ours noir (*Ursus americanus*) sont les autres grands mammifères présents dans l'aire d'étude.

### Matériel et méthodes

#### Capture et télémétrie

Entre avril 2004 et mars 2010, nous avons capturé 53 caribous adultes (37 femelles et 16 mâles) à l'aide d'un lance-filet tiré d'un hélicoptère (Potvin et Breton, 1988). Les caribous furent munis de colliers télémétriques GPS (modèles TGW-3600

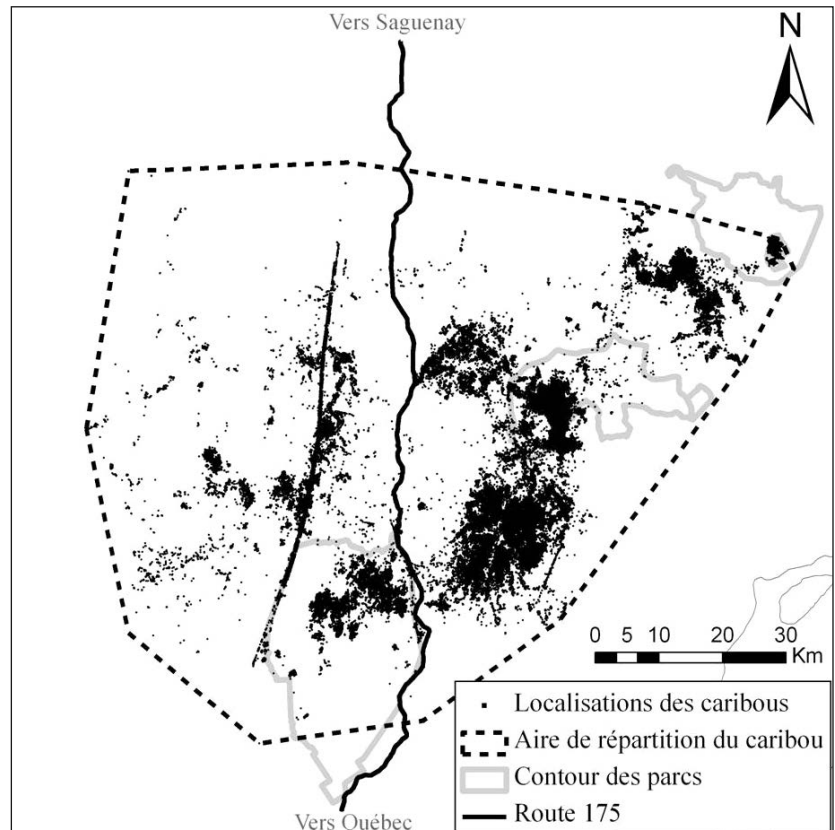


Figure 2. Carte de l'aire d'étude montrant la route 175 traversant l'aire de répartition du caribou forestier de Charlevoix, Québec. Le contour des parcs de conservation et les localisations des caribous équipés de colliers GPS entre 2004 et 2010 sont également présentés.

et TGW-4600, Telonics Inc., Mesa, AZ, É.-U.) programmés pour enregistrer une localisation toutes les 3 ou 7 h, selon le modèle.

#### Données spatio-temporelles

Nous avons utilisé les cartes écoforestières du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF), que nous avons mises à jour chaque année afin d'inclure les nouvelles coupes forestières. Nous avons regroupé les classes de végétation disponibles en 10 catégories et nous avons créé un modèle numérique d'élévation afin de calculer l'altitude et la pente. Puisque la réfection de la route s'est déroulée progressivement dans divers chantiers de construction entre 2006 et 2010, nous avons mis à jour les informations concernant la route 175 (source : MTQ) tous les 15 jours, afin de capturer cette évolution spatio-temporelle. Ainsi, pour chaque segment de 1 km de route nous avons octroyé un état, soit avant, pendant (en chantier) ou après la réfection. Enfin, nous avons développé un indice de trafic basé sur les données récoltées par un compteur situé au centre de l'aire d'étude. Cet indice continu était basé sur le trafic horaire moyen annuel et modifié afin de considérer les variations de trafic journalières (jours de la semaine) et mensuelles.

## Analyse des données

### Impacts de la route sur les mouvements du caribou

Nous avons simulé 1 000 routes distribuées aléatoirement dans l'aire de répartition du caribou. Nous avons déterminé le taux de traversées de la route 175 (nombre de traversées par km de route) et l'avons comparé au taux de traversées des 1 000 routes aléatoires à l'aide de tests de *t*. Nous avons effectué une corrélation de Spearman entre le taux de traversées individuel de la route 175 (traversées/km/individu) et l'année, afin de noter un éventuel changement attribuable à l'avancement des travaux de réfection. Nous avons mesuré le taux de déplacement (m/h) des caribous traversant la route et l'avons comparé à leur taux de déplacement quelques heures avant et après la traversée. Nous avons testé l'effet du pas (c'est-à-dire  $T_0$  = le pas pendant la traversée;  $T_{-1}$  à  $T_{-5}$  = les 5 pas précédant la traversée;  $T_{+1}$  à  $T_{+5}$  = les 5 pas suivant la traversée) sur le taux de déplacement à l'aide d'une régression multiple avec tests de comparaisons multiples de Tukey. Nous avons testé l'effet de la densité du trafic sur le taux de déplacement des caribous traversant la route à l'aide d'une régression linéaire.

### Impacts de la route sur la distribution du caribou

Afin d'évaluer si la distribution à large échelle des caribous avait changé au cours des travaux d'élargissement de la route, nous avons testé la corrélation entre l'année et la densité de route 175 (km/km<sup>2</sup>) dans le domaine vital des individus ayant traversé la route au moins une fois. Nous avons tracé le domaine vital annuel de chaque individu à l'aide de la méthode du polygone convexe minimal à 100 %. Nous avons ensuite généré autant de localisations aléatoires que de localisations observées au sein de ces domaines vitaux et avons calculé leur distance minimale à la route. Nous avons inclus cette distance, ainsi que les variables des classes de végétation et de topographie, dans un modèle mixte de fonction de

sélection des ressources (Manly et collab., 2002) estimé à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 2002) après nous être assurés que les variables n'étaient pas fortement colinéaires (le facteur d'inflation de la variance était toujours < 2). À la suite des analyses, nous avons validé les modèles avec la méthode de validation croisée (Boyce et collab., 2002).

En plus du modèle global, qui inclut l'ensemble des localisations de caribou, nous avons testé l'effet des mêmes variables d'habitat et de dérangement dans des bandes de 1 250, 2 500 et 5 000 m le long de la route, mais en ajoutant l'interaction entre la distance minimale à la route et l'état de la route (c'est-à-dire avant, pendant, après). Ce faisant, nous voulions améliorer notre capacité à détecter les effets de la route (notamment l'effet des chantiers de construction) sur le comportement des individus les plus près de la route. À l'aide de régressions log-linéaires, nous avons testé si la fréquence des localisations rencontrées dans chaque zone le long de la route, c'est-à-dire dans les zones de 1 250, 2 500 et 5 000 m, était influencée par la densité du trafic (faibles et fortes densités établies en deçà ou au-dessus de la médiane de 186 v/h, respectivement) et l'état de la route (avant, pendant ou après).

## Résultats

### Impacts de la route sur les mouvements du caribou

Parmi les 53 caribous équipés de colliers GPS entre 2004 et 2010, seulement 12 individus (8 femelles et 4 mâles) ont traversé la route 175 au moins une fois. De même, nous avons observé seulement 93 traversées de route parmi les 364 100 localisations recueillies (< 0,03 %). Le taux de traversées de la route 175 était beaucoup plus faible que celui des routes distribuées aléatoirement dans l'aire d'étude (tableau 1). Le taux de traversées individuel a montré une tendance (marginale) significative à diminuer au fil des années ( $n = 7$  ans,  $r_s = -0,68$ ;  $P = 0,09$ ). La plupart des traversées (73 %) sont survenues durant des périodes de forte densité

**Tableau 1. Nombre annuel de traversées et taux de traversées (traversées/km) de la route 175 effectuées par le caribou forestier de Charlevoix, Québec. Le taux de traversées observé sur la route 175 a été comparé au taux de traversées sur 1 000 routes virtuelles distribuées aléatoirement dans l'aire de répartition de la population à l'aide de tests de *t*.**

Année	Nombre de traversées (et taux de traversées en nb/km)				Taux de traversées moyen (nb/km) des 1 000 routes aléatoires ± écart type	Valeur de <i>t</i>
	Avant la réfection	Pendant la réfection	Après la réfection	Total		
2004	13 (0,14)	— <sup>a</sup>	—	13 (0,14)	1,00 ± 2,13	12,83*
2005	20 (0,21)	—	—	20 (0,21)	1,19 ± 2,68	11,61*
2006	5 (0,06)	1 (0,07)	—	6 (0,06)	1,50 ± 2,93	15,47*
2007	13 (0,16)	1 (0,07)	—	14 (0,15)	1,87 ± 2,26	24,09*
2008	1 (0,04)	16 (0,26)	4 (0,38)	21 (0,22)	2,98 ± 3,89	22,44*
2009	—	1 (0,01)	1 (0,07)	2 (0,02)	2,16 ± 3,38	19,99*
2010	—	0	17 (0,29)	17 (0,18)	2,84 ± 3,91	21,53*
Global	52	19	22	93 (0,97)	14,17 ± 16,99	24,57*

<sup>a</sup> État de la route non disponible

\*  $P < 0,001$

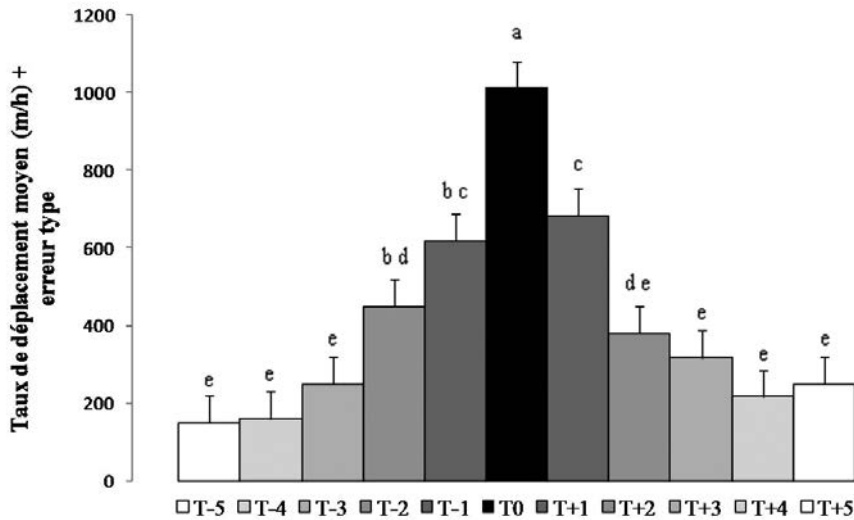


Figure 3. Taux de déplacement moyen (m/h + erreur type) des caribous forestiers de Charlevoix (Québec, 2004 à 2010) lors de la traversée de la route 175 ( $T_0$ ), ainsi que lors des 5 pas précédant ( $T_{-1}$  à  $T_{-5}$ ) et des 5 pas suivant ( $T_{+1}$  à  $T_{+5}$ ) la traversée. Les différences significatives sont représentées par des lettres différentes.

de trafic (moyenne de 296 v/h). Le taux de déplacement des caribous était plus élevé à proximité de la route, particulièrement au moment de la traversée (en moyenne 1011 m/h; figure 3). Le taux de déplacement des caribous était aussi plus élevé au cours des 2 pas précédant ( $T_{-1}$  et  $T_{-2}$ ) et du pas suivant ( $T_{+1}$ ) la traversée. Les caribous ont traversé la route avec un taux de déplacement significativement plus élevé durant les périodes de circulation automobile dense ( $P = 0,04$ ).

### Impacts de la route sur la distribution du caribou

La corrélation entre la densité de la route 175 dans le domaine vital des caribous et l'année était négative ( $r_s = -0,17$ ,  $P = 0,03$ ). Sur les 9 individus ayant traversé la route au moins une fois au cours de l'étude et qui furent suivis pendant au moins 2 ans, 8 ont modifié leur utilisation de l'espace pour éviter la route à large échelle pendant ( $n = 3$ ) ou après ( $n = 5$ ) les travaux de réfection. Le modèle de sélection des ressources basé sur l'ensemble des données (modèle global) a révélé que les caribous évitaient significativement la route à l'échelle de leur domaine vital (tableau 2). Seulement 1713 (0,47%), 6974 (1,92%) et 16067 (4,41%) localisations se trouvaient dans les bandes de 1 250, 2 500 et 5 000 m le long de la route, respectivement, ce qui est 1,3 à 2,3 fois moins élevé que pour les localisations aléatoires. Les modèles estimés sur les localisations de caribou trouvées seulement dans les bandes de part et d'autre de la route ont aussi démontré que les caribous évitaient la route. À l'intérieur de ces bandes, les caribous évitaient toutes les classes de végétation (sauf les milieux humides à 5 000 m et les milieux ouverts sous les lignes de transport d'énergie), même celles qu'ils sélectionnaient ailleurs dans leur domaine vital. Une proportion plus élevée de

localisations de caribou fut trouvée dans la bande de 1 250 m de part et d'autre de la route durant les périodes de forte densité de trafic, mais ce résultat ne s'est pas reproduit dans les zones de 2 500 et 5 000 m (tableau 3). Enfin, les caribous ont diminué leur fréquentation des bordures de la route pendant et après les travaux de réfection (tableau 3).

### Discussion

Nos résultats ont démontré que les caribous évitaient la route, et ce, même avant le début des travaux de réfection, ce qui suggère que le dérangement associé à la route pourrait avoir joué un rôle important dans la distribution des caribous de Charlevoix. Le plus faible niveau de dérangement que nous avons mesuré dans cette étude (avant les travaux et à faible densité de trafic) dépassait probablement déjà le niveau de tolérance de certains caribous.

Pourtant, le dérangement causé par les travaux de réfection et la route élargie ont occasionné une réaction comportementale chez le caribou, puisqu'une proportion beaucoup plus faible de localisations a été recensée à proximité de la route ( $\leq 5 000$  m). Le nombre de traversées de la route était très faible et a montré une tendance à la diminution au cours des années. Comme observé chez l'orignal par Dussault et collab. (2007), les caribous ont de plus augmenté leur taux de déplacement lorsque la circulation routière était importante, en réaction au dérangement accru. Enfin, la plupart des caribous qui ont traversé la route au cours d'une année ont par la suite délaissé la route durant ou après les travaux de réfection.

Les routes affectent les populations animales en réduisant l'accès aux ressources, en occasionnant la perte d'habitat, en augmentant la probabilité de mortalité et en subdivisant les populations (Jaeger et collab., 2005). Dans les sections suivantes, nous utiliserons l'exemple du caribou de Charlevoix pour discuter de ces impacts.

### Accessibilité des ressources

Les animaux font face à une situation de compromis lorsqu'ils rencontrent une route: leur motivation à traverser la route pour accéder aux ressources trouvées de l'autre côté peut être découragée par le risque associé aux activités humaines et aux véhicules. Soixante-dix-sept pour cent ( $n = 53$ ) des caribous de Charlevoix n'ont jamais traversé la route 175 en 7 ans. Pour ces individus, les effets négatifs de la route sont particulièrement prononcés, puisque les ressources disponibles du côté opposé de la route sont inaccessibles (incluant des habitats propices protégés par des parcs de conservation).

**Tableau 2. Coefficients de sélection ( $\beta$ ) et intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %) des modèles de sélection des ressources par le caribou de Charlevoix, Québec, de 2004 à 2010. Le modèle a été estimé en utilisant l'ensemble des localisations (n = 364 100), puis par la suite celles rencontrées dans des bandes de 1250, 2500 et 5000 m de part et d'autre de la route 175. Les résultats de la validation croisée sont également présentés. Il est à noter qu'un coefficient supérieur à 0 (pour un intervalle de confiance excluant 0) signifie généralement une sélection tandis qu'un coefficient inférieur à 0 signifie généralement un évitement, sauf pour les variables de distance où l'interprétation est inversée.**

	Bande de 1 250 m (n = 1 713)		Bande de 2 500 m (n = 6 974)		Bande de 5 000 m (n = 16 067)		Toutes les localisations (n = 364 100)	
	$\beta$	IC 95 %	$\beta$	IC 95 %	$\beta$	IC 95 %	$\beta$	IC 95 %
<b>Classe de végétation (catégorie de référence: peuplement de conifères matures de 50-90 ans):</b>								
Conifères matures >90 ans	-1,27	-1,56 : -0,98	-1,18	-1,31 : -1,05	-0,48	-0,55 : -0,42	0,31	0,15 : 0,47
Milieux ouverts riches en lichen	-14,57	-15,25 : -13,88	-14,36	-14,83 : -13,88	-1,04	-1,80 : -0,28	1,9	1,68 : 2,12
Milieux humides	-0,4	-0,80 : <0,01	-0,3	-0,59 : <-0,01	1,01	0,91 : 1,12	0,9	0,77 : 1,04
Décidus matures	-1,87	-3,04 : -0,70	-1,31	-1,64 : -0,98	-0,77	-0,94 : -0,59	0,43	-0,07 : 0,93
Perturbations récentes (<5 ans)	-0,72	-1,00 : -0,44	-0,58	-0,74 : -0,42	-0,16	-0,23 : -0,08	1,37	1,18 : 1,56
Perturbations âgées (6-20 ans)	-1,44	-1,99 : -0,90	-0,43	-0,63 : -0,24	-0,41	-0,52 : -0,30	0,34	0,17 : 0,51
Milieux en régénération (>20 ans)	-2,54	-2,95 : -2,13	-2,13	-2,32 : -1,95	-1,9	-2,02 : -1,78	-0,87	-1,04 : -0,71
Autres	-3,45	-4,04 : -2,86	-2,94	-3,41 : -2,47	-0,8	-0,95 : -0,65	-0,61	-0,76 : -0,46
Ligne de transport d'énergie	2,13	1,80 : 2,46	2,42	2,15 : 2,69	2,23	2,01 : 2,44	4,28	3,89 : 4,67
<b>Topographie:</b>								
Altitude (km)	-6,27	-7,95 : -4,59	-1,55	-2,69 : -0,41	2,86	2,42 : 3,31	2,12	0,69 : 3,56
Altitude <sup>2</sup>	123,55	102,02 : 145,08	76,05	63,18 : 88,92	17,11	12,24 : 21,98	5,8	-0,61 : 12,22
Pente (°)	-0,02	-0,04 : <-0,01	0,04	0,03 : 0,05	0,04	0,03 : 0,04	-0,03	-0,04 : -0,02
<b>Distance à la route:</b>								
Distance minimale à la route (km)	0,61	0,32 : 0,89	0,82	0,73 : 0,90	0,04	0,01 : 0,06	0,03	0,01 : 0,05
<b>Interaction entre la distance minimale à la route (km) et l'état de la route (catégorie de référence: avant la réfection):</b>								
Pendant la réfection	-0,81	-1,35 : -0,27	-0,15	-0,28 : -0,01	0,05	0,01 : 0,09		
Après la réfection	-2,1	-2,62 : -1,57	-2,94	-3,29 : -2,59	-0,18	-0,24 : -0,12		
<b>Validation</b>	0,81		0,96		0,88		0,96	

**Tableau 3. Estimation des paramètres des régressions log-linéaires évaluant l'influence de la densité de trafic et, dans un deuxième temps, l'état de la route, sur la fréquence des localisations de caribous de Charlevoix (2004-2010) trouvées dans chaque bande le long de la route 175 (1 250, 2 500 et 5 000 m). Les faibles et fortes densités de trafic sont établies en deçà ou au-dessus de la médiane de 186 v/h, respectivement.**

	Bande de 1 250 m autour de la route	Bande de 2 500 m autour de la route	Bande de 5 000 m autour de la route
<b>Densité du trafic (catégorie de référence = faible)</b>			
Élevée	0,252*	-0,034	-0,004
<b>État de la route (catégorie de référence = avant réfection)</b>			
Pendant	-0,783*	0,016	-0,046*
Après	-0,169*	-1,481*	-1,448*

\*  $P < 0,05$

Cette perte potentielle représente de 52 à 61 % de l'aire de répartition du caribou, pour les individus trouvés respectivement à l'ouest ou à l'est de la route. De même, l'accès à des partenaires sexuels en période de rut pourrait être problématique, particulièrement du côté ouest de la route, puisque plus de 85 % des individus de la population se trouvaient du côté est.

### **Quantité et qualité de l'habitat**

Les animaux atténuent généralement les effets négatifs des facteurs les plus limitants à large échelle (Rettie et Messier, 2000). À ce titre, la présence de la route 175 a semblé être un facteur déterminant dans le choix de l'emplacement du domaine vital des caribous. Nos résultats suggèrent que le dérangement occasionné par la route a détérioré la qualité de l'habitat jusqu'à 5 000 m de celle-ci. Comme observé chez l'orignal (Dussault et collab., 2007), les caribous ont démontré des signes de dérangement plusieurs heures avant et après une traversée de route et ont accéléré le pas pour la traverser. L'évitement de toutes les classes naturelles de végétation par le caribou jusqu'à 5 000 m de la route démontre que les bénéfices potentiels procurés par l'utilisation des ressources que les caribous auraient pu y trouver n'étaient pas suffisants pour compenser le risque perçu.

### **Mortalité**

Au moins 3 collisions routières impliquant un caribou (non porteur de collier GPS) se sont produites au cours des 7 années qu'a duré notre étude. Ce nombre relativement faible n'est pas surprenant, étant donné que la plupart des individus de la population évitaient totalement la route. Par conséquent, la stratégie d'évitement du caribou semble offrir une protection adéquate contre la mortalité directe sur la route. Néanmoins, la mort d'individus adultes participant à la reproduction dans une petite population comme celle de Charlevoix (qui compte environ 80 individus) pourrait avoir des impacts draconiens sur le recrutement et la viabilité de la population.

### **Subdivision de la population**

Nos résultats suggèrent que les impacts négatifs des routes sur le comportement du caribou pourraient, à long terme, avoir des conséquences sur la dynamique des populations. Advenant une éventuelle interruption des traversées de route par le caribou, celle-ci subdiviserait la population en 2 sous-groupes; chaque groupe pourrait s'avérer plus susceptible à une extinction locale attribuable à des événements aléatoires (Hanski et Ovaskainen, 2003). Toutefois, le caribou forestier est une espèce longévive, et beaucoup de temps pourrait passer avant que la dépression génétique n'affecte la population de Charlevoix.

### **Conclusion**

Avec cette étude, nous avons démontré que le comportement du caribou forestier de Charlevoix était affecté par la présence de la route 175, mais aussi par son élargissement. Nous croyons que les efforts de conservation devraient avant tout prioriser le maintien de la connectivité entre les 2 côtés de la route afin de permettre aux caribous d'accéder à tous les habitats propices disponibles. La connectivité pourrait être améliorée grâce à la construction et à l'aménagement de passages à grande faune (Olsson et collab., 2008). Nous croyons aussi qu'il serait souhaitable de développer des mesures d'atténuation visant la réduction du niveau de dérangement à proximité des routes, ce qui favoriserait l'utilisation des passages fauniques par les espèces sensibles comme le caribou forestier. Nos travaux futurs permettront d'évaluer l'influence de la route sur la dynamique de la population, notamment sur la survie des caribous.

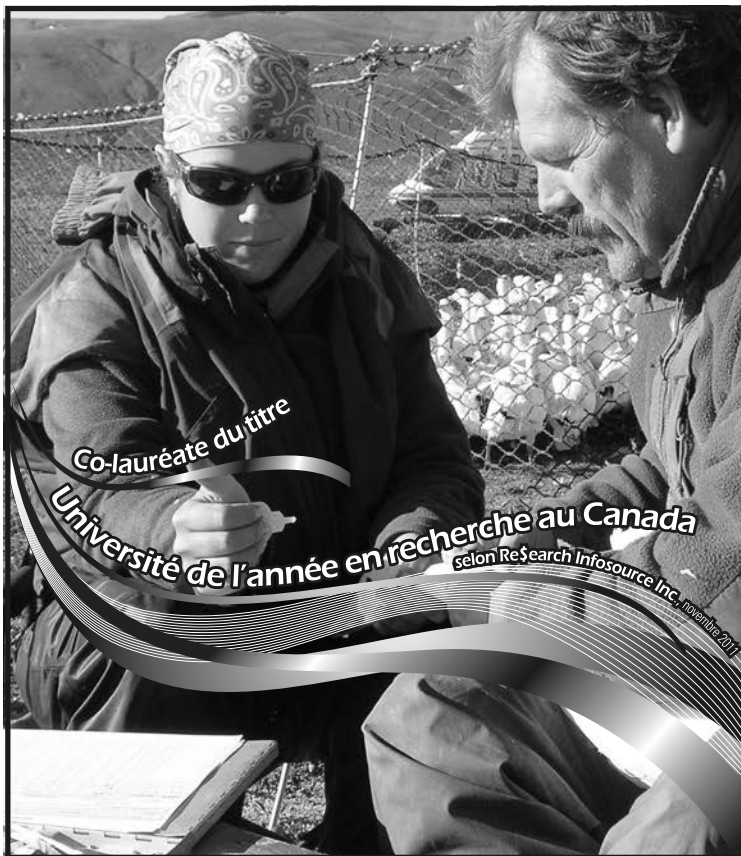
### **Remerciements**

Nous remercions B. Baillargeon, L. Breton, P. Dubois, J.-G. Frenette, S. Gravel, D. Grenier, R. McNicol, M. Poulin, S. Rivard et S. St-Onge pour la capture des caribous et la récupération des données GPS. Le financement de cette étude a été assuré par le ministère des Transports du Québec et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. M. Leblond a reçu une bourse du Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies. ◀

### **Références**

- BÉDARD, Y., 2012. La réfection de l'axe routier 73/175: son histoire, son déroulement et ses enjeux sociaux et écologiques. *Le Naturaliste canadien*, 136 (2): 3-7.
- BOYCE, M.S., P.R. VERNIER, S.E. NIELSEN et F.K.A. SCHMIEGELOW, 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling*, 157: 281-300.
- COSEPAC (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada), 2002. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le caribou des bois *Rangifer tarandus caribou* au Canada – Mise à jour. Ottawa, 112 p.
- DUSSAULT, C., J.-P. OUELLET, C. LAURIAN, R. COURTOIS, M. POULIN et L. BRETON, 2007. Moose movement rates along highways and crossing probability models. *Journal of Wildlife Management*, 71: 2338-2345.
- DYER, S.J., J.P. O'NEILL, S.M. WASEL et S. BOUTIN, 2002. Quantifying barrier effects of roads and seismic lines on movements of female woodland caribou in northeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology*, 80: 839-845.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CARIBOU FORESTIER DU QUÉBEC, 2008. Plan de rétablissement du caribou forestier (*Rangifer tarandus*) au Québec – 2005-2012. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et des habitats. Québec, 78 p.
- FORMAN, R.T.T. et R.D. DEBLINGER, 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, 14: 36-46.
- FORMAN, R.T.T., D. SPERLING, J.A. BISSONETTE, A.P. CLEVINGER, C.D. CUTSHALL, V.H. DALE, L. FAHRIG, R. FRANCE, C.R. GOLDMAN, K. HEANUE, J.A. JONES, F.J. SWANSON, T. TURRENTINE et T.C. WINTER, 2002. *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, 467 p.
- GIBBS, J.P. et W.G. SHRIVER, 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology*, 16: 1647-1652.

- HANSKI, I. et O. OVASKAINEN, 2003. Metapopulation theory for fragmented landscapes. *Theoretical Population Biology*, 64 : 119-127.
- JAEGER, J.A.G., J. BOWMAN, J. BRENNAN, L. FAHRIG, D. BERT, J. BOUCHARD, N. CHARBONNEAU, K. FRANK, B. GRUBER et K.T. VON TOSCHANOWITZ, 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads : an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*, 185 : 329-348.
- LEBLOND, M., J. FRAIR, D. FORTIN, C. DUSSAULT, J.-P. OUELLET et R. COURTOIS, 2011. Assessing the influence of resource covariates at multiple spatial scales : an application to forest-dwelling caribou faced with intensive human activity. *Landscape Ecology*, 26 : 1433-1446.
- MANLY, B.F.J., L.L. MCDONALD, D.L. THOMAS, T.L. MCDONALD et W.P. ERICKSON, 2002. Resource selection by animals : statistical design and analysis for field studies. 2<sup>e</sup> édition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 221 p.
- MORRISON, J.C., W. SECHREST, E. DINERSTEIN, D.S. WILCOVE et J.F. LAMOREUX, 2007. Persistence of large mammal faunas as indicators of global human impacts. *Journal of Mammalogy*, 88 : 1363-1380.
- MURPHY, S.M. et J.A. CURATOLO, 1987. Activity budgets and movement rates of caribou encountering pipelines, roads, and traffic in northern Alaska. *Canadian Journal of Zoology*, 65 : 2483-2490.
- OLSSON, M.P.O., P. WIDEN et J.L. LARKIN, 2008. Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden. *Landscape and Urban Planning*, 85 : 133-139.
- POTVIN, F. et L. BRETON, 1988. Use of a net gun for capturing white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, on Anticosti Island, Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 102 : 697-700.
- RETTIE, W.J. et F. MESSIER, 2000. Hierarchical habitat selection by woodland caribou : its relationship to limiting factors. *Ecography*, 23 : 466-478.
- RYTWINSKI, T. et L. FAHRIG, 2011. Reproductive rate and body size predict road impacts on mammal abundance. *Ecological Applications*, 21 : 589-600.
- SAS INSTITUTE INC., 2002. SAS for Windows Version 9.2. Cary, 7886 p.
- TILLMANN, J. E., 2005. Habitat fragmentation and ecological networks in Europe. *Gaia*, 14 : 119-123.
- VISTNES, I. et C. NELLEMAN, 2008. The matter of spatial and temporal scales : A review of reindeer and caribou response to human activity. *Polar Biology*, 31 : 399-407.
- VITOUSEK, P.M., H.A. MOONEY, J. LUBCHENCO et J.M. MELILLO, 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 277 : 494-499.



## Voici une de nos salles de classe.

La biologie à l'UQAR est orientée vers la gestion et la protection des milieux naturels.

- Baccalauréat en biologie
- DESS en gestion de la faune et de ses habitats
- Maîtrise en gestion de la faune et de ses habitats
- Doctorat en biologie
- Doctorat en sciences de l'environnement

**UQAR**  
www.uqar.ca/biologie