Document generated on 07/16/2025 12:51 a.m.

Le Naturaliste canadien

Réactions comportementales de l'orignal à la présence d'un réseau routier dans un milieu forestier

Christian Dussault, Catherine Laurian 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/1009106ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1009106ar

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

Dussault, C., Laurian, C. & Ouellet, J.-P. (2012). Réactions comportementales de l'orignal à la présence d'un réseau routier dans un milieu forestier. *Le Naturaliste canadien*, *136*(2), 48–53. https://doi.org/10.7202/1009106ar

Article abstract

Les accidents routiers impliquant l'orignal engendrent des dégâts matériels coûteux et peuvent causer des pertes de vies humaines. Nous avons étudié le comportement de l'orignal près des routes afin de développer des mesures d'atténuation pour réduire le nombre d'accidents routiers avec cette espèce. Nous avons muni plusieurs orignaux de colliers GPS entre 2003 et 2006 dans le nord de la réserve faunique des Laurentides, où se trouvent deux routes principales asphaltées et un réseau de chemins forestiers. Les axes routiers, même les chemins forestiers où le trafic était faible, furent généralement évités par les orignaux. Nos résultats suggèrent que la fréquentation par l'orignal des abords de routes pavées s'explique par la présence de sodium dans les mares d'eau stagnante. Cependant, la fréquentation des routes par l'orignal n'a pas augmenté en période d'abondance d'insectes piqueurs. Les abords des routes asphaltées ont généralement été visités au printemps et en été, périodes durant lesquelles les besoins en sodium de l'orignal sont les plus élevés. La présence de mares salines en bordure des routes augmente le risque de collision avec un orignal. L'élimination de ces mares pourrait donc améliorer sensiblement la sécurité routière, mais l'efficacité de cette approche à long terme n'est pas connue.

Tous droits réservés © La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, 2012

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Réactions comportementales de l'orignal à la présence d'un réseau routier dans un milieu forestier

Christian Dussault, Catherine Laurian et Jean-Pierre Ouellet

Résumé

Les accidents routiers impliquant l'orignal engendrent des dégâts matériels coûteux et peuvent causer des pertes de vies humaines. Nous avons étudié le comportement de l'orignal près des routes afin de développer des mesures d'atténuation pour réduire le nombre d'accidents routiers avec cette espèce. Nous avons muni plusieurs orignaux de colliers GPS entre 2003 et 2006 dans le nord de la réserve faunique des Laurentides, où se trouvent deux routes principales asphaltées et un réseau de chemins forestiers. Les axes routiers, même les chemins forestiers où le trafic était faible, furent généralement évités par les orignaux. Nos résultats suggèrent que la fréquentation par l'orignal des abords de routes pavées s'explique par la présence de sodium dans les mares d'eau stagnante. Cependant, la fréquentation des routes par l'orignal n'a pas augmenté en période d'abondance d'insectes piqueurs. Les abords des routes asphaltées ont généralement été visités au printemps et en été, périodes durant lesquelles les besoins en sodium de l'orignal sont les plus élevés. La présence de mares salines en bordure des routes augmente le risque de collision avec un orignal. L'élimination de ces mares pourrait donc améliorer sensiblement la sécurité routière, mais l'efficacité de cette approche à long terme n'est pas connue.

Mots clés : accident routier, *Alces alces*, sodium, sélection d'habitat, télémétrie GPS

Introduction

Les routes sont parmi les infrastructures humaines les plus perturbantes dans le milieu naturel. Elles influencent la faune terrestre de diverses façons, notamment en fragmentant l'habitat et en créant une zone de perturbation généralement évitée par les animaux (Forman et Alexander, 1998 ; Spellerberg, 1998). Elles sont à l'origine d'un nombre élevé de mortalités causées par les collisions avec des véhicules. Les collisions avec les cervidés constituent un problème méconnu du public, mais il est assez fréquent pour constituer un enjeu majeur de sécurité routière dans plusieurs régions (Forman et Alexander, 1998 ; de Bellefeuille et Poulin, 2003). Cette problématique s'accentue d'ailleurs avec l'augmentation de la densité des cervidés et le développement du réseau routier (Groot Bruinderink et Hazebroek, 1996 ; Romin et Bissonette, 1996).

Il survient plusieurs millions de collisions avec les cervidés chaque année dans le monde (Groot Bruinderink et Hazebroek, 1996 ; Romin et Bissonette, 1996). Au Québec, les accidents avec la grande faune ont impliqué annuellement environ 300 orignaux (*Alces alces*), 8 000 cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et 150 ours noirs (*Ursus americanus*) entre 2000 et 2010 (MRNF, non publ.). Les accidents impliquant les orignaux sont les plus dommageables, à cause de leur taille imposante (300-500 kg chez les adultes). Afin d'élaborer des mesures d'atténuation appropriées et efficaces (p. ex. : clôtures, panneaux de signalisation, etc. ; figure 1), et afin de les placer aux meilleurs endroits, il est primordial d'identifier les facteurs environnementaux qui influencent les accidents (Finder et collab., 1999 ; Malo et collab., 2004).

AECOM

Figure 1. La clôture métallique de 2,4 m constitue une mesure d'atténuation efficace pour contrer les accidents routiers. Idéalement, l'aménagement doit être réalisé dans les secteurs les plus propices au passage des orignaux.

Christian Dussault est biologiste au Service de la faune terrestre et de l'avifaune du ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

christian.dussault@mrnf.gouv.qc.ca

Catherine Laurian est étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Rimouski.

Jean-Pierre Ouellet est vice-recteur à la formation et à la recherche à l'Université du Québec à Rimouski où il était professeur de biologie au moment de la réalisation de l'étude.

Les corridors routiers exerceraient un effet à la fois attractif (Burson et collab., 2000 ; Yost et Wright, 2001) et répulsif pour les cervidés (Forman et Deblinger, 2000 ; James et Stuart-Smith, 2000 ; Dyer et collab., 2002). Les routes constituent une barrière aux déplacements des animaux et le corridor routier, de même que les habitats adjacents, sont la plupart du temps évités (Dyer et collab., 2002 ; Laurian et collab., 2008). Cependant, les cervidés pourraient être attirés par les emprises routières qui sont propices au développement de plantes herbacées et de jeunes feuillus, la principale source de nourriture de plusieurs espèces (Bédard et collab., 1978 ; Child, 1998 ; Finder et collab., 1999). La présence de sodium représente un autre facteur susceptible d'attirer les cervidés en bordure des routes (Grenier, 1974 ; Jolicoeur et Crête, 1994). Dans les régions nordiques, le sel utilisé pour déglacer les routes en hiver se concentre dans les mares d'eau stagnante à la fonte des neiges. Le sel de déglaçage a une teneur élevée en sodium, un élément rare dans l'environnement mais important pour les mammifères (figure 2 ; Belovsky et Jordan, 1981). Enfin, il a été suggéré qu'en été, les animaux pourraient fréquenter les routes pour échapper au harcèlement causé par les insectes piqueurs (Kelsall et Simpson, 1987), puisqu'il s'agit d'un milieu ouvert généralement venteux.

Université du Québec à Rimouski

Figure 2. Les orignaux fréquentent les mares salines en bordure des routes, surtout au printemps et à l'été. Les sites avec un bon couvert de végétation sont particulièrement fréquentés.

La réserve faunique des Laurentides (Québec) est un territoire où persiste une problématique d'accidents routiers avec l'orignal. Le ministère des Transports s'est associé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune et à l'Université du Québec à Rimouski pour étudier ce phénomène. Nous avons suivi des orignaux par télémétrie GPS pendant 3 ans dans ce secteur. Nos objectifs étaient d'identifier les facteurs qui attirent les orignaux en bordure des routes et de déterminer si les orignaux traversent la route à des endroits particuliers.

Aire d'étude

L'étude s'est déroulée à une centaine de kilomètres au nord de la ville de Québec. L'aire d'étude (environ 1 800 km²), délimitée par la méthode du polygone convexe minimum autour de l'ensemble des orignaux suivis, est traversée par la route 175 en direction de Saguenay et la route 169 vers Alma. Le paysage est composé d'une forêt mélangée ou résineuse. Les précipitations de neige sont élevées et peuvent atteindre annuellement 500 cm selon les endroits. Les routes sont régulièrement déglacées en hiver afin d'assurer la sécurité des automobilistes (Jolicoeur et Crête, 1994). Environ 60 à 70 accidents routiers impliquant des orignaux y sont recensés chaque année (Dussault et collab., 2006).

Méthodes

Suivi des orignaux

Nous avons suivi 30 orignaux adultes (> 2,5 ans) par année entre janvier 2003 et mars 2006 (figure 3). Au total, nous avons récolté des données toutes les 2 heures sur 47 individus différents (28 femelles et 19 mâles). Environ 65 % des orignaux ont été marqués à moins de 2 km de la route 175 ou 169. Chaque orignal a été suivi pendant une période variant de quelques mois à 3 ans. Chaque année, nous avons changé les batteries des colliers des individus vivants et posé les colliers des individus morts sur de nouveaux orignaux. Tous les colliers ont été récupérés entre janvier et avril 2006.

Fréquentation des mares salines, abondance des insectes piqueurs et présence de sodium dans la végétation

Pour évaluer l'attraction des mares salines sur les orignaux, nous avons comparé 84 localisations utilisées par des orignaux en bordure des routes pavées (< 50 m) avec 213 sites témoins déterminés aléatoirement dans la même zone, et nous avons noté la présence d'une mare saline à proximité (rayon d'environ 20-30 m).

Pour déterminer si l'orignal sélectionnait davantage les sites aux abords des routes (< 50 m) lors des périodes où les insectes piqueurs étaient les plus abondants, nous avons estimé sur des humains le harcèlement par les insectes piqueurs (tabanidés, mouches noires et moustiques) durant les étés 2004 et 2005, en utilisant les classes suivantes : aucun insecte, présence d'insectes mais sans inconvénient, léger harcèlement, harcèlement dérangeant et harcèlement insoutenable. Cette estimation a été réalisée tous les 2 à 4 jours dans 18 stations

Ministère des Transports du Québec

Figure 3. Les orignaux ont été capturés à l'aide d'une fléchette contenant un produit immobilisant tirée à partir d'un hélicoptère. Nous avons muni chaque orignal d'un collier GPS.

permanentes. Les données recueillies ont été réparties en 5 périodes de 2 semaines entre le 1er juin et le 15 août.

Afin de déterminer la teneur en sodium de la végétation dans les emprises routières, nous avons prélevé des feuilles et des ramilles de trois essences très utilisées par l'orignal, soit le bouleau à papier (*Betula papyrifera*), le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloïdes*) et les saules (*Salix* spp.). Ces prélèvements ont été effectués les 29 juin, 1er août et 7 septembre 2005, dans 15 sites en bordure (< 10 m) de routes déglacées en hiver et dans 15 sites en bordure de chemins forestiers où il n'y a aucun épandage de sel. Une analyse en laboratoire a permis de doser le sodium dans ces échantillons. Nous avons estimé le taux d'utilisation de la végétation, soit les arbustes feuillus et le sapin baumier (*Abies balsamea*), par les orignaux en notant la proportion de ramilles broutées dans un rayon de 10 m aux alentours de parcelles situées en milieu forestier, en bordure d'une route pavée (< 50 m), ou en bordure d'un chemin forestier (< 50 m).

Traitement des données

Nous avons d'abord calculé le domaine vital annuel de chaque individu avec la technique du polygone convexe minimum. Le comportement des orignaux a été analysé en reportant les localisations GPS des animaux sur des cartes numériques représentant les peuplements forestiers, le réseau routier (incluant les chemins forestiers carrossables) et l'hydrographie, dans un système d'information géographique (ArcGis 9.0, Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, Californie). Nous avons comptabilisé le nombre d'intersections entre les trajectoires de chaque animal et chaque type d'axe routier (routes pavées et chemins forestiers gravelés), et nous avons calculé un taux de traversées par kilomètre d'axe routier disponible à l'intérieur du domaine vital. La fréquence réelle des traversées a été comparée à la fréquence attendue, estimée en déplaçant 100 fois aléatoirement les routes et les chemins forestiers présents dans chacun des domaines vitaux, formant 100 structures linéaires fictives de longueurs et de directions identiques aux axes routiers réels (Dyer et collab., 2002). Une analyse de variance a permis de comparer le nombre de traversées observées et le nombre de traversées attendues si les animaux s'étaient déplacés au hasard.

Pour vérifier si les orignaux sélectionnaient ou évitaient les secteurs en périphérie des routes pavées ou des chemins forestiers, nous avons calculé la distance entre chaque localisation et l'axe routier le plus proche à l'aide du logiciel ArcGIS 9.0. Pour chaque individu, nous avons généré un nombre de localisations aléatoires équivalant au nombre de localisations observées à l'intérieur de son domaine vital, et avons calculé la distance minimale entre ces localisations et le plus proche axe routier. Ces distances ont été reclassées selon les groupes suivants : 0 à 100 m, 100 à 250 m, 250 à 750 m, 750 à 1 500 m et > 1 500 m. Afin d'évaluer la sélection d'habitat de l'orignal, nous avons utilisé une fonction de sélection des ressources qui permet de comparer les attributs de l'habitat aux localisations utilisées et aux localisations aléatoires (Manly et collab., 2002). Cette analyse a été réalisée pour 4 périodes annuelles : le printemps (1er mai au 15 juin), l'été (16 juin au 31 août), l'automne (1er septembre au 31 octobre) et l'hiver (1er novembre au 30 avril). Pour chacune des localisations observées et aléatoires, nous avons déterminé le type d'habitat et l'altitude, en plus de la distance minimale à la route la plus proche. Cependant, les résultats qui ne concernent pas les axes routiers ne sont pas présentés ici.

Résultats

Traversées des routes

Sur les 47 orignaux suivis, 19 n'ont jamais traversé une route pavée et 11 n'ont jamais traversé de chemin forestier. Nous avons dénombré seulement 328 traversées de routes et 1 172 traversées de chemins forestiers parmi les 196 710 déplacements enregistrés. Ainsi, nous avons observé 16 fois et 10 fois moins de traversées de routes et de chemins que si les orignaux s'étaient déplacés aléatoirement (route : 1,9 ± 0,4 traversées observées par km vs 30,5 attendues ; chemins forestiers : 1,9 ± 0,2 traversées par km vs 18,3 attendues ;

$P < 0{,}001$; Laurian et collab., 2008). Le plus grand nombre de traversées de routes pavées est survenu en mai, suivi des mois de juin et juillet. Les orignaux ont surtout traversé les routes durant la nuit.

Fréquentation des axes routiers et de leurs abords

C'est la zone située à moins de 100 m des chemins forestiers qui a été la plus évitée par les orignaux (tableau 1 ; pour plus de détails, voir Laurian et collab., sous presse). Durant l'été et, dans une moindre mesure au printemps, l'évitement des routes par l'orignal était moins prononcé, alors qu'en hiver, l'évitement était plus évident. Les mâles ont évité les chemins forestiers sur une distance allant jusqu'à 750 m en été (tableau 1). Bien que la zone située à < 100 m des routes asphaltées ait été évitée en moyenne, quelques orignaux l'ont fortement sélectionnée.

Fréquentation des mares salines, abondance des insectes piqueurs et présence de sodium dans la végétation

Nous avons recensé 1 mare saline à moins de 20 m des localisations d'orignaux en bordure des routes dans 60,0 % des cas, soit beaucoup plus souvent que pour les sites témoins (15,5 %). Bien que la période où les insectes piqueurs étaient les plus abondants fût le mois de juillet, les orignaux n'ont pas davantage fréquenté les routes durant cette période (Laurian et collab., 2008). La concentration moyenne (± SE) de sodium dans les feuilles au bord des routes était de 148,0 ± 12,9 ppm pour le bouleau à papier, 170,3 ± 25,4 ppm pour le peuplier faux-tremble et 281,3 ± 64,4 ppm pour les saules, ce qui était 1,6 à 2,4 fois plus élevé qu'en bordure des chemins forestiers (Laurian et collab., 2008). La proportion de ramilles broutées était généralement faible ou nulle, aussi bien pour les feuillus que pour le sapin baumier, et les taux de broutement entre les milieux proches des routes asphaltées, des chemins forestiers ou en forêt étaient similaires (Laurian et collab., 2008).

Discussion

Nos résultats indiquent que les orignaux évitent les routes, même les chemins forestiers en gravier qui sont pourtant moins larges et où le trafic est moins élevé. De façon surprenante, la réaction de l'orignal était aussi prononcée envers les chemins forestiers qu'envers les routes pavées. La zone située à moins de 100 m des chemins forestiers a été évitée par tous les orignaux durant toutes les périodes de l'année. Il convient tout de même de souligner que notre étude portait sur des orignaux adultes et que les jeunes orignaux pourraient être plus téméraires et réagir moins fortement à la présence d'une route.

Les orignaux ont très rarement traversé les axes routiers, puisque les 47 animaux suivis lors de cette étude ont traversé une route et un chemin forestier lors de 0,17 % et 0,59 % de leurs déplacements, respectivement. À notre connaissance, il s'agit de la première démonstration de l'évitement des routes, même celles avec un trafic faible, par l'orignal. Au contraire, la littérature rapporte que l'orignal pourrait fréquenter les corridors routiers et leurs abords pour s'alimenter ou s'abriter (Thompson et Stewart, 1998 ; Berger, 2007), consommer des éléments minéraux (Grenier, 1974 ; Jolicoeur et Crête, 1994), éviter les insectes en été (Kelsall et Simpson, 1987) et les chasseurs à l'automne (Pils et Martin, 1979) ou encore pour se déplacer, notamment lorsque la neige entrave ses déplacements (Child et collab., 1991 ; Del Frate et Spraker, 1991).

Les axes routiers représentent un environnement à risque élevé de collisions (Forman et Alexander, 1998), ce qui pourrait expliquer en partie leur évitement. Toutefois, il semble que l'environnement en périphérie des routes soit perçu par les animaux comme un habitat de mauvaise qualité et même risqué. En effet, les orignaux s'y déplacent plus rapidement (Dussault et collab., 2007) et ils y adoptent plus souvent des

Tableau 1. Réactions de l'orignal par rapport aux routes asphaltées et aux chemins forestiers dans la réserve faunique des Laurentides, de 2003 à 2006, par sexe et période annuelle. Un signe négatif (–) et une trame grise indiquent un évitement de la zone située à une certaine distance de la chaussée, alors qu'un signe positif (+) et un signe d'égalité (=) signifient respectivement une sélection et une utilisation proportionnelle à la disponibilité.

	Routes asphaltées					Chemins forestiers			
Période	0-100 m	100-250 m	250-750 m	750-1500 m		0-100 m	100-250 m	250-750 m	750-1500 m
	Mâles								
Printemps	–	–	=	+		–	–	=	=
Été	=	=	=	=		–	–	–	=
Automne	–	–	=	=		–	=	=	=
Hiver	–	–	–	=		–	–	=	=
	Femelles								
Printemps	–	=	+	=		–	=	=	=
Été	–	=	=	+		–	=	=	=
Automne	=	–	=	=		–	–	=	=
Hiver	–	–	=	=		–	–	=	=

Ministère des Transports du Québec

Figure 4. Le drainage et l'empierrement des mares salines sont des mesures d'atténuation des accidents routiers avec l'orignal.

comportements de vigilance (Singer, 1978 ; Yost et Wright, 2001). L'évitement des axes routiers a aussi été démontré pour d'autres cervidés comme le caribou (*Rangifer tarandus*) (Dyer et collab., 2002 ; James et Stuart-Smith, 2000 ; Leblond et collab., 2011), mais aussi pour d'autres espèces comme les souris (*Peromyscus leucopus* ; Merriam et collab., 1989) et les hérissons (*Erinaceus europaeus* ; Rondinini et collab., 2002).

Bien qu'il ait déjà été suggéré que les routes pouvaient servir de refuge contre le harcèlement par les insectes piqueurs (Kelsall et Simpson, 1987), nous n'avons pas observé d'attirance particulière de la part de l'orignal envers les axes routiers et leurs abords lors des pics d'abondance des insectes. Les axes routiers et leurs abords immédiats ont été évités à tout moment. Cependant, certains orignaux ont tout de même visité la zone < 50 m à plusieurs reprises. Cette utilisation occasionnelle de secteurs proches des routes et l'évitement des zones adjacentes jusqu'à 750 m suggèrent la recherche d'un élément particulier par les orignaux : le sodium. Le sodium est un élément indispensable à plusieurs fonctions physiologiques chez les mammifères (Church et collab., 1971 ; Robbins, 1993), mais il est rare dans les écosystèmes nordiques (Jordan et collab., 1973). Dès le début du printemps, les orignaux ont besoin de grandes quantités de sodium afin de satisfaire leurs besoins métaboliques (Jordan et collab., 1973 ; Belovsky et Jordan, 1981 ; Fraser et collab., 1982). Le sodium se trouve à des concentrations beaucoup plus élevées dans les mares salines (Grenier, 1974, 1980 ; Fraser et Thomas, 1982 ; Leblond et collab., 2007) que dans les mares d'eau éloignées des routes (Jolicoeur et Crête, 1994) ou dans les plantes aquatiques (MacCracken et collab., 1993). Les mares salines attireraient l'orignal au même titre que les sources minérales naturelles (Fraser et collab., 1982 ; Couturier et Barrette, 1988). De plus, nous avons mesuré une concentration en sodium plus élevée dans les végétaux aux abords des routes. Certains orignaux pourraient donc satisfaire leurs besoins en sodium non seulement en buvant l'eau des mares salines, mais aussi en consommant des végétaux à proximité de la route.

La présence de mares salines en bordure des routes accentue les risques de collision avec les orignaux (Grenier, 1974 ; Fraser et collab., 1982 ; Jolicoeur et Crête, 1994). En effet, c'est entre la mi-juin et la mi-juillet que les collisions avec l'orignal sont les plus fréquentes (Grenier, 1974 ; Dussault et collab., 2006), période qui correspond au pic d'utilisation du sodium par les orignaux (Joyal et Scherrer, 1978 ; Fraser et Hristienko, 1981 ; Fraser et collab., 1982). L'élimination des mares salines par l'amélioration du drainage et l'empierrement (figure 4) serait une solution intéressante pour réduire les risques de collision (Leblond et collab., 2007), bien que l'efficacité à long terme d'une telle stratégie ne soit pas connue. L'élimination de la végétation en bordure des routes serait aussi une méthode intéressante pour réduire les risques de collision, puisque les mares salines situées en milieu ouvert sont moins fréquentées par l'orignal (Leblond et collab., 2007).

Notre étude a permis de mettre en évidence certains effets importants des routes sur le comportement de l'orignal. Même si nous n'avons pas insisté sur ces résultats dans le présent article, l'étude de la sélection d'habitats par l'orignal a démontré que les peuplements offrant une quantité élevée de nourriture étaient fortement sélectionnés par les mâles et les femelles durant toute l'année. Les orignaux ont aussi démontré une prédilection pour les sites situés en altitude la plupart du temps (Laurian et collab., sous presse). Cependant, nos résultats indiquent qu'il est nécessaire de considérer les réseaux routiers pour bien comprendre la répartition spatiale de l'orignal dans un secteur.

Remerciements

Nous remercions les responsables des captures d'orignaux, L. Breton, G. Carl, P. Dubois, J. Fortin et M. Poulin, ainsi que les assistants pour les travaux de terrain, A. Hébert, M. Lavoie, M.-F. Gévry et M. Leblond. A. Caron a également fourni une aide fort appréciée pour les analyses spatiales et statistiques. Nous remercions les organismes subventionnaires : le ministère des Transports du Québec, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec et l'Université du Québec à Rimouski. De plus, C. Laurian a reçu des bourses

d'études du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada, du Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies, et du Centre d'études nordiques. ◂

Références

BÉDARD, J., M. CRÊTE et E. AUDY, 1978. Short-term influence of moose upon woody plants of an early seral wintering site in Gaspé peninsula, Québec. Canadian Journal of Forest Research, 8 : 407-415.

BELOVSKY, G.E. et P.A. JORDAN, 1981. Sodium dynamics and adaptations of a moose population. Journal of Mammalogy, 62 : 613-621.

BERGER, J., 2007. Fear, human shields and the redistribution of prey and predators in protected areas. Biology Letters, 3 : 620-623.

BURSON, S.L., J.L. BELANT, K.A. FORTIER et W.C. TOMKIEWICZ, 2000. The effect of vehicle traffic on wildlife in Denali National Park. Arctic, 53 : 146-151.

CHILD, K.N., 1998. Incidental mortality. Dans : FRANZMANN, A.W. et C.C. SCHWARTZ (édit.). Ecology and management of the North American moose. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 275-301.

CHILD, K.N., S.P. BARRY et D.A. AITKEN, 1991. Moose mortality on highways and railways in British Columbia. Alces, 27 : 41-49.

CHURCH, D.C., G.E. SMITH, J.P. FONTENOT et A.T. RALSTON, 1971. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Volume 2. Oregon State University Bookstores, Corvallis, 452 p.

COUTURIER, S. et C. BARRETTE, 1988. The behavior of moose at natural mineral springs in Québec. Canadian Journal of Zoology, 66 : 522-528.

DE BELLEFEUILLE, S. et M. POULIN, 2003. Mesures de mitigation visant à réduire le nombre de collisions routières avec les cervidés. Ministère des Transports, Québec, 117 p.

DEL FRATE, G.G. et T.H. SPRAKER, 1991. Moose-vehicle interactions and an associated public awareness program on the Kenai Peninsula, Alaska. Alces, 27 : 1-7.

DUSSAULT, C., M. POULIN, R. COURTOIS et J.-P. OUELLET, 2006. Temporal and spatial distribution of moose–vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Québec, Canada. Wildlife Biology, 12 : 415-425.

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 north-eastern Alberta. Canadian Journal of Zoology, 80 : 839-845.

FINDER, R.A., J.L. ROSEBERRY et A. WOOLF, 1999. Site and landscape conditions at white-tailed deer vehicle collision locations in Illinois. Landscape and Urban Planning, 44 : 77-85.

FORMAN, R.T.T. et L.E. ALEXANDER, 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics, 29 : 207-231.

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.

FRASER, D. et H. HRISTIENKO, 1981. Activity of moose and white-tailed deer at mineral springs. Canadian Journal of Zoology, 59 : 1991-2000.

FRASER, D. et E.R. THOMAS, 1982. Moose–vehicle accidents in Ontario : relation to highway salt. Wildlife Society Bulletin, 10 : 261-265.

FRASER, D., B.K. THOMPSON et D. ARTHUR, 1982. Aquatic feeding by moose : seasonal variation in relation to plant chemical composition and use of mineral licks. Canadian Journal of Zoology, 60 : 3121-3126.

GRENIER, P.A, 1974. Orignaux tués sur la route dans le parc des Laurentides, Québec, de 1962 à 1972. Le Naturaliste Canadien, 101 : 737-754.

GRENIER, P.A, 1980. Contribution à l'étude de moyens préventifs pour réduire le nombre d'accidents routiers impliquant des orignaux. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 29 p.

GROOT BRUINDERINK, G.W.T.A. et E. HAZEBROEK, 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. Conservation Biology, 10 : 1059-1067.

JAMES, A.R.C. et A.K. STUART-SMITH, 2000. Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. Journal of Wildlife Management, 64 : 154-159.

JOLICOEUR, H. et M. CRÊTE, 1994. Failure to reduce moose–vehicle accidents after a partial drainage of roadside salt pools in Québec. Alces, 30 : 81-89.

JORDAN, P.A., D.B. BOTKIN, A.S. DOMINSKI, H.S. LOWENDORF et G.E. BELOVSKY, 1973. Sodium as a critical nutrient for the moose of Isle Royale. Proceedings of the North American Moose Conference Workshop, 9 : 13-42.

JOYAL, R. et B. SCHERRER, 1978. Summer movements and feeding by moose in Western Québec. Canadian Field-Naturalist, 92 : 252-258.

KELSALL, J.P. et K. SIMPSON, 1987. The impacts of highways on ungulates : A review and selected bibliography. Prepared for Ministry of Environment and Parks, Kamloops, 105 p.

LAURIAN, C., C. DUSSAULT, J.-P. OUELLET, R. COURTOIS, M. POULIN et L. BRETON, 2008. Behavior of moose relative to a road network. Journal of Wildlife Management, 72 : 1550-1557.

LAURIAN, C., C. DUSSAULT, J.-P. OUELLET et M. POULIN, sous presse. Interactions between a large herbivore and a road network. Ecoscience.

LEBLOND, M., C. DUSSAULT, J.-P. OUELLET, M. POULIN, R. COURTOIS et J. FORTIN, 2007. Management of roadside salt pools to reduce moose-vehicle collisions. Journal of Wildlife Management, 71 : 2304-2310.

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.

MACCRACKEN, J.G., V. VAN BALLENBERGHE et J.M. PEEK, 1993. Use of aquatic plants by moose : sodium hunger or foraging efficiency ? Canadian Journal of Zoology, 71 : 2345-2351.

MALO, J.E., F. SUÁREZ et A. DÍEZ, 2004. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models ? Journal of Applied Ecology, 41 : 701-710.

MANLY, B.F., L. MCDONALD, D.L. THOMAS, T.L. MCDONALD et W.P. ERICKSON, 2002. Resource selection by animals : statistical design and analysis for field studies. 2e édition. Kluwer Academic Publishers, Norwell, 221 p.

MERRIAM, G., M. KOZAKIEWICZ, E. TSUCHIYA et K. HAWLEY, 1989. Barriers as boundaries for metapopulations and demes of *Peromyscus leucopus* in farm landscapes. Landscape Ecology, 2 : 227-235.

PILS, C.M. et M.A. MARTIN, 1979. The cost and chronology of Wisconsin deer-vehicle collisions. Wisconsin Department of Natural Resources, Report 103, Madison, 5 p.

ROBBINS, C.T., 1993. Wildlife feeding and nutrition. 2e édition. Academic Press, San Diego, 352 p.

ROMIN, L.A. et J.A. BISSONETTE, 1996. Deer-vehicle collisions : stains of state monitoring activities and mitigation efforts. Wildlife Society Bulletin, 24 : 276-283.

RONDININI, C. et C.P. DONCASTER, 2002. Roads as barriers to movement for hedgehogs. Functional Ecology, 16 : 504-509.

SINGER, F.J., 1978. Behavior of mountain goats in relation to U.S. highway 2, Glacier National Park, Montana. Journal of Wildlife Management, 42 : 591-597.

SPELLERBERG, I.F., 1998. Ecological effects of roads and traffic : a literature review. Global Ecology and Biogeography Letters, 7 : 317-333.

THOMPSON, I.D. et R.W. STEWART, 1998. Management of moose habitat. Dans : FRANZMANN, A.W. et C.C. SCHWARTZ (édit.). Ecology and management of the North American moose. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 377-401.

YOST, A.C. et R.G. WRIGHT, 2001. Moose, caribou, and grizzly bear distribution in relation to road traffic in Denali National Park, Alaska. Arctic, 54 : 41-48.