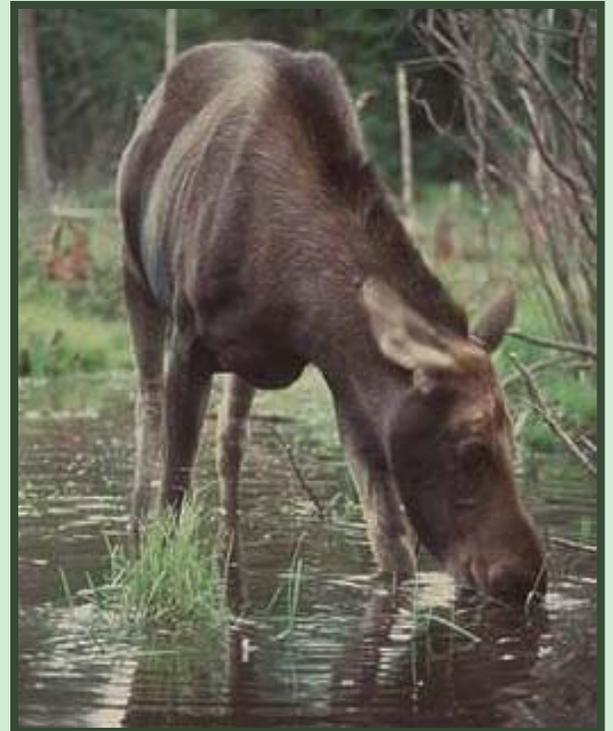


# *Comportement des orignaux par rapport aux axes routiers dans la réserve faunique des Laurentides*

- Rapport préliminaire -

Novembre 2005



Catherine Laurian, UQAR  
Jean-Pierre Ouellet, UQAR  
Réhaume Courtois, MRNF  
Christian Dussault, UQAR-MRNF  
Marius Poulin, MTQ  
Laurier Breton, MRNF

Ressources naturelles  
et Faune

Québec



Transports  
Québec



Université du Québec  
à Rimouski

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2006

ISBN : 2-550-46124-X

## **RÉSUMÉ**

Plusieurs pays sont actuellement aux prises avec une problématique d'accidents routiers impliquant la grande faune. Ces accidents engendrent des pertes en vies humaines, des dégâts matériels coûteux et ont des effets sur l'écologie des espèces impliquées. À cause de leur grande taille, les orignaux causent les collisions les plus dommageables. Afin de proposer des mesures d'atténuation efficaces, il s'avère essentiel de bien comprendre le comportement des orignaux près des routes, ce qui constitue l'objectif de cette étude. Globalement, nous avons émis l'hypothèse que les orignaux évitent les axes routiers mais qu'ils visiteraient occasionnellement les abords des routes pour s'y alimenter de végétaux riches en sodium et pour éviter les insectes hématophages.

Des orignaux furent munis de colliers GPS en 2003 et 2004 dans le nord de la réserve faunique des Laurentides, qui présente deux routes asphaltées et un réseau de chemins forestiers. Les axes routiers furent généralement évités par les orignaux. Nos résultats suggèrent que la fréquentation des abords de routes par les orignaux n'est influencée ni par l'abondance des insectes hématophages, ni par la concentration en  $\text{Na}^+$  des plantes qu'ils consomment. Toutefois, les abords des routes asphaltées furent fortement utilisés entre 0 et 50 m, indiquant que c'est probablement le sodium des mares salines qui attirerait les animaux dans ces zones, augmentant ainsi les risques de collisions. En effet, les sites de localisations aux abords des routes asphaltées ont généralement été visités au printemps et en été, période à laquelle les orignaux ont besoin d'absorber de grandes quantités de sodium, et des mares d'eau stagnante étaient présentes dans la grande majorité de ces sites (3,8 fois plus qu'attendu).

En conclusion, cette étude suggère que c'est essentiellement pour consommer l'eau riche en sodium que les orignaux utilisent les abords des routes asphaltées et que, en absence de mares salées, ils éviteraient plutôt les axes routiers (aussi bien les routes que les chemins) jusqu'à 500 m environ. Toutefois, il faut être prudent quant à ces conclusions, des analyses complémentaires devant être produites pour mieux répondre aux objectifs de cette étude.

**TABLE DES MATIÈRES**

RÉSUMÉ .....	ii
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
INTRODUCTION .....	1
SITE D'ÉTUDE .....	4
MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	6
Les orignaux recherchent-ils les axes routiers ? .....	8
a) Traversées des axes routiers. ....	8
b) Fréquentation des axes routiers et des zones adjacentes. ....	8
c) Présence des axes routiers en périphérie des domaines vitaux.....	9
d) Influence de la présence des axes routiers sur la superficie des domaines vitaux. ..	10
Qu'est ce qui inciterait les orignaux à utiliser les axes routiers ?.....	10
a) Les insectes hématophages.....	10
b) Le sodium dans les végétaux et la consommation de nourriture.....	11
c) La présence de mares salines en bordure des routes asphaltées .....	12
RÉSULTATS.....	13
Les orignaux recherchent-ils les axes routiers ? .....	14
a) Traversées des axes routiers. ....	14
b) Fréquentation des axes routiers et des zones adjacentes. ....	15
c) Présence des axes routiers en périphérie des domaines vitaux.....	17
d) Influence de la présence des axes routiers sur la superficie des domaines vitaux. ..	18
Qu'est ce qui inciterait les orignaux à utiliser les axes routiers ?.....	19
a) Les insectes hématophages.....	19
b) Le sodium dans les végétaux et la consommation de nourriture.....	21
c) La présence de mares salines en bordure des routes asphaltées .....	23
DISCUSSION.....	25
CONCLUSION.....	30
REMERCIEMENTS.....	31
LISTE DES RÉFÉRENCES.....	33

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.	Caractéristiques des enregistrements effectués par les colliers GPS dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004.....	13
Tableau 2.	Superficies moyennes des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004.....	13
Tableau 3.	Nombre moyen de traversées ( $\pm$ erreur type) de routes ou de chemins forestiers par les orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004, à deux échelles spatiales.....	15
Tableau 4.	Résultats des analyses de variance sur les traversées de routes ou de chemins forestiers par les orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004.....	15
Tableau 5.	Résultats des tests de Wilcoxon évaluant la fréquentation des zones plus ou moins éloignées des routes et des chemins forestiers.....	16
Tableau 6.	Densités moyennes de routes et de chemins forestiers dans les bandes de 500 m en périphérie des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004.....	18
Tableau 7.	MANOVA pour déterminer si l'utilisation des axes routiers et de leurs abords augmente au cours des pics d'abondance d'insectes hématophages (été 2004).....	18
Tableau 8.	Concentrations moyennes en sodium (ppm) des essences végétales prélevées en bordures de routes déglacées en hiver et de chemins forestiers à l'été 2004 dans la réserve faunique des Laurentides.....	21

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1.	Site d'étude - Nord de la réserve faunique des Laurentides (Québec, Canada).....	5
Figure 2.	Localisation des sites de capture des orignaux dans la réserve faunique des Laurentides.....	7
Figure 3.	Largeurs des différentes bandes permettant d'estimer l'attrance pour les routes et les chemins forestiers par les orignaux dans la réserve faunique des Laurentides.....	9
Figure 4.	Bande périphérique de 500 m de largeur autour d'un domaine vital.....	10
Figure 5.	Utilisation des routes, des chemins forestiers et des bandes de différentes largeurs de part et d'autre de ces structures ( $\pm$ erreur type), présenté comme un pourcentage du nombre de points de localisations aléatoires dans les domaines vitaux des orignaux de la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004.....	17
Figure 6.	Superficie (km <sup>2</sup> ) des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie en fonction de la proportion de routes et de chemins forestiers qu'ils contiennent.....	18
Figure 7.	Estimation de l'abondance des insectes hématophages dans la réserve faunique des Laurentides durant six périodes de l'été 2004.....	20
Figure 8.	Proportion de ramilles broutées aux abords des routes, aux abords des chemins forestiers et dans les peuplements forestiers au cours de l'été 2004 dans la réserve faunique des Laurentides.....	22

## **INTRODUCTION**

Les impacts écologiques d'un réseau routier sur le milieu naturel apparaissent aussi bien à l'échelle du paysage qu'à des échelles plus fines. La densité d'un réseau routier influence grandement les écosystèmes terrestres et aquatiques, allant jusqu'à la dégradation de la biodiversité (Forman et Alexander 1998; Trombulak et Frissell 2000). Cette incursion de l'être humain dans la nature se traduit aussi bien par des effets sur l'habitat (fragmentation, circulation des eaux de surface et souterraines, propagation des feux, création de nouveaux milieux), sur la faune (isolement des populations, barrières aux déplacements des animaux) que par des interactions entre l'homme et la faune (accessibilité au territoire, accidents routiers). Plusieurs régions du monde (Scandinavie, Ouest de l'Europe, Amérique du Nord) sont actuellement aux prises avec une problématique d'accidents routiers impliquant la grande faune, qui s'accroît avec l'augmentation des densités de populations (Groot Bruinderink et Hazebroek 1996; Romin et Bissonette 1996; Seiler et Eriksson 1997; Mysterud 2004; Seiler 2004; Dussault *et al.*, 2005; Dussault *et al.*, sous presse). Cette problématique retient l'attention depuis quelques années à cause, notamment, des pertes en vies humaines, des dégâts matériels coûteux et des effets probables sur l'écologie des espèces fauniques impliquées (dynamique des populations, utilisation de l'espace et de l'habitat).

Au Québec, les accidents routiers mettant en cause la grande faune impliqueraient annuellement plus de 200 orignaux (*Alces alces*), 2 300 cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et 40 ours noirs (*Ursus americanus*) (Munro *et al.*, 2001). Toutefois, le nombre réel de collisions est de toute évidence supérieur puisque tous les animaux morts ne sont pas rapportés et comptabilisés (Romin et Bissonette 1996; De Bellefeuille et Poulin 2003; Seiler 2004). Or, à cause de la grande taille des orignaux (400-600 kg), les collisions les impliquant sont les plus graves. De plus, les populations d'orignaux étant en augmentation depuis quelques années (Courtois *et al.* 2003), les risques de collisions sont accrus. Dans le but de mettre en place des mesures d'atténuation des risques d'accidents il apparaît donc nécessaire de mieux comprendre les relations entre l'orignal et les axes routiers majeurs, afin de déterminer si ces derniers sont recherchés par ces animaux et pourquoi.

Selon Child (1998), la présence de routes pourrait influencer la dynamique des populations d'orignaux en affectant leur survie, mais aussi en altérant la répartition du fourrage et du couvert protecteur, les animaux devant adapter leur comportement afin de survivre dans un milieu perturbé. En effet, les routes (secondaires et les chemins forestiers essentiellement) peuvent constituer des voies de déplacements, et leurs abords forment des écotones propices au développement de jeunes feuillus, lesquels offrent une source de nourriture aux orignaux qui affectionnent les milieux en régénération (Child 1998). De plus, les abords des routes du Québec sont riches en sodium à cause de l'épandage de sel de déglacage en hiver qui finit par s'accumuler sur les bas-côtés, où des mares salines se forment (Grenier 1974, 1980). Or, le sodium est un élément essentiel pour les cervidés mais il est relativement rare dans les écosystèmes naturels d'Amérique du Nord. Les besoins en sodium des orignaux sont importants, notamment au printemps et en été (Grenier 1974; Fraser *et al.* 1984; Risenhoover et Peterson 1986; Couturier et Barrette 1988; Jolicoeur et Crête 1994), et certains animaux fréquenteraient les mares salines des bords de routes dès la fonte de la neige. Le harcèlement par les insectes a également été suggéré comme étant une cause de l'utilisation des routes par les orignaux au printemps et en été, ces milieux plus venteux et dégagés réduisant le harcèlement (Kelsall et Simpson 1987). Toutefois, les connaissances actuelles sur l'utilisation de l'espace et de l'habitat par les orignaux aux abords de corridors routiers sont encore trop sommaires pour identifier précisément les facteurs explicatifs.

L'objectif de la présente étude est d'examiner les effets de la présence d'un réseau routier sur les déplacements, la taille des domaines vitaux et la sélection de l'habitat par l'orignal en fonction des caractéristiques des routes et du milieu adjacent. Globalement, nous émettons l'hypothèse que les orignaux éviteront les axes routiers. Toutefois, ils visiteront occasionnellement les abords des routes pour s'y alimenter parce que le sodium des végétaux y est plus concentré que dans la forêt adjacente, pour y utiliser les mares salines au printemps et en été et parce que les insectes hématophages y sont moins abondants en été. Afin de vérifier cette hypothèse, sept prédictions seront testées :

- $P_1$ . Les orignaux évitent le réseau routier (routes asphaltées ou chemins forestiers), que ce soit à l'échelle du paysage (ils évitent d'établir un domaine vital chevauchant un axe routier)

ou à l'échelle du domaine vital (ils évitent de fréquenter les axes routiers présents dans leur domaine vital);

- P*<sub>2</sub>. Les orignaux évitent particulièrement les secteurs proches des routes principales, là où le trafic et la vitesse sont plus élevés;
- P*<sub>3</sub>. Les routes asphaltées sont plus susceptibles de limiter les déplacements des orignaux et ainsi de se retrouver à la périphérie de leurs domaines vitaux;
- P*<sub>4</sub>. La taille du domaine vital d'un orignal augmente avec la proportion d'axes routiers qu'il contient, pour contrer la perte effective d'habitat correspondante;
- P*<sub>5</sub>. En été, les routes sont davantage utilisées lorsque l'abondance d'insectes hématophages est plus importante;
- P*<sub>6</sub>. Les plantes des abords des routes principales étant plus concentrées en sodium (routes déglacées en hiver), les orignaux consomment davantage les végétaux des accotements routiers que ceux situés en forêt.
- P*<sub>7</sub>. Les orignaux visitent les abords des routes asphaltées essentiellement au printemps et en été, période où les besoins en sodium sont les plus importants, les sites de localisations présentant alors une forte proportion de mares salines fréquentées.

## ***SITE D'ÉTUDE***

L'étude s'est déroulée dans la partie nord de la réserve faunique des Laurentides (figure 1), localisée à une centaine de kilomètres au nord de la ville de Québec. Deux routes, la 175 en direction de la ville de Saguenay et la 169 vers Alma, sur lesquelles sont déversées de 80 à 100 tonnes de NaCl par kilomètre chaque hiver, traversent le secteur d'étude d'une superficie d'environ 1 500 km<sup>2</sup>. La roche mère granitique est typique de celle rencontrée partout sur le bouclier canadien. Pour cette raison, il n'y a pas de saline naturelle connue dans le secteur, mais de nombreux lacs comportant une végétation aquatique substantielle sont présents (Jolicoeur et Crête 1994). Le secteur est constitué d'une forêt mélangée ou résineuse. Les précipitations de neige les plus abondantes recensées au Québec y sont enregistrées chaque hiver, et sont de l'ordre de 400 à 700 cm par hiver, selon les endroits (Jolicoeur et Crête 1994).

Les cervidés présents dans le secteur d'étude sont l'orignal avec des densités de l'ordre de 2,2/10 km<sup>2</sup> en moyenne, mais pouvant atteindre 8,0 orignaux/10 km<sup>2</sup> dans la partie nord (St-Onge *et al.* 1996), le caribou de la harde de Charlevoix (environ 75 individus) et le cerf de Virginie dont la densité est inconnue mais faible. Les autres représentants de la grande faune sont le loup (*Canis lupus*) avec des densités de l'ordre de 0,44/100 km<sup>2</sup> (Jolicoeur 1998) et l'ours noir dont les densités étaient estimées à 0,22/km<sup>2</sup> au cours des années 1990 (Jolicoeur *et al.* 1993).



Figure 1. Site d'étude - Nord de la réserve faunique des Laurentides (Québec, Canada).

## ***MATÉRIEL ET MÉTHODES***

Afin de recueillir le maximum d'informations sur les orignaux fréquentant les abords des routes, la première étape a été de localiser les animaux en survolant trois virées à basse altitude, soit la partie est de la route 169, la partie ouest de la route 175 et la partie centrale entre les deux routes. La répartition des orignaux marqués a été faite dans l'ensemble du site d'étude, avec l'assurance qu'environ les deux tiers d'entre eux puissent entrer en contact avec l'une des routes principales. Un premier groupe de 30 orignaux (22 femelles et 8 mâles) a été muni de colliers GPS (Lotek Wireless Inc., Newmarket, Ontario, Canada) en janvier et février 2003 (figure 2). Ce type de colliers permet de recueillir un grand nombre de localisations d'une grande précision, aussi bien de jour que de nuit et quelles que soient les conditions météorologiques (Rodgers *et al.* 1996). Lors des manipulations, une estimation de l'âge et le sexe de l'animal étaient notés. Entre janvier et mars 2004, 17 orignaux furent recapturés pour télécharger les données et remplacer les batteries des colliers qu'ils portaient. En outre, des colliers ont été placés sur 12 nouvelles bêtes (6 mâles et 6 femelles) (figure 2) pour remplacer une partie des animaux morts durant l'année ( $n = 8$ ) où les colliers qui n'ont pu être récupérés car disfonctionnels ( $n = 6$ ). Pour des raisons logistiques, le trentième collier n'a pu être posé en 2004.

Les colliers GPS (20 colliers Lotek 2200L et 10 colliers Lotek 3300S en 2003 ainsi que 19 colliers 2200L et 10 colliers 3300L en 2004) ont été programmés pour prendre une localisation toutes les deux heures, sauf entre le début de septembre et la fin de mars 2003 pour les 3300S qui se localisaient alors aux trois heures. Les colliers sont équipés d'un émetteur VHF (*Very High Frequency*) muni d'un dispositif causant l'accélération de la fréquence d'émission après sept heures d'immobilité totale, permettant ainsi l'identification des animaux morts. Au moins six séances de repérages VHF ont été effectuées en avion (Laurian *et al.* 1996) en 2003 et en 2004, afin d'identifier les colliers émettant en mode mortalité ou défectueux.

Le comportement des orignaux par rapport aux axes routiers fut analysé en reportant les localisations GPS des animaux sur des cartes écoforestières numérisées au 1: 20 000, incluant le réseau routier et l'hydrographie, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG ; logiciel Arcview 9.0, Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, Californie). Il est à noter

que seuls les chemins forestiers carrossables ont été conservés pour analyses car ceux-ci sont les seuls susceptibles d'occasionner un certain dérangement à l'original. Le domaine vital de chaque original a été calculé avec la méthode du MCP (*Minimum Convex Polygon*) à 100 %.

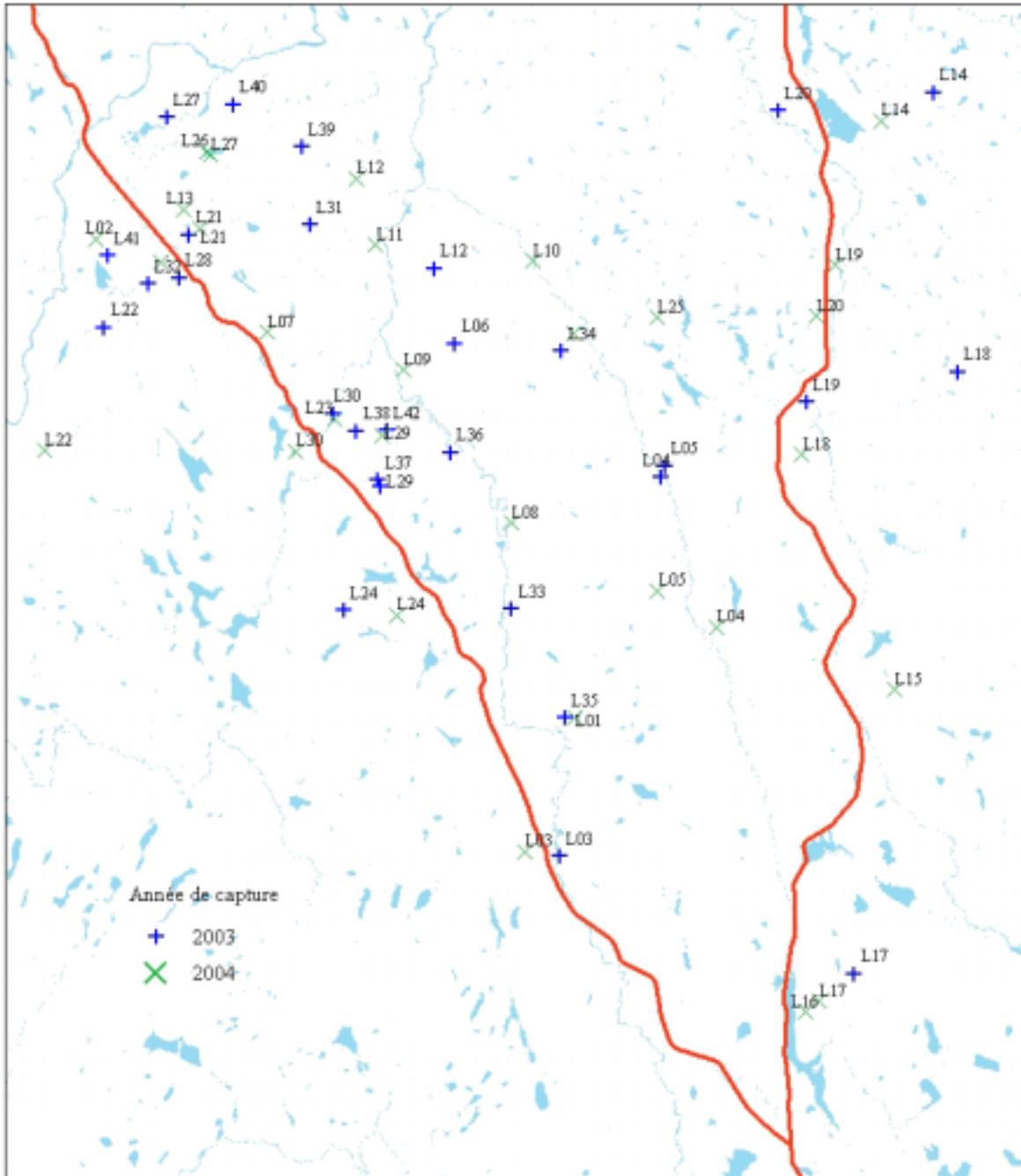


Figure 2. Localisation des sites de capture des oryxaux dans la réserve faunique des Laurentides.

## ***Les originaux recherchent-ils les axes routiers ?***

### *a) Traversées des axes routiers*

La fréquence réelle de traversées des axes routiers fut comparée à la fréquence de traversées simulées (Dyer *et al.* 2002) à l'aide du logiciel ArcInfo, afin de vérifier s'il existe une attirance pour les routes ou les chemins forestiers à l'intérieur du site d'étude d'une part (*c.-à-d.* échelle du paysage) et à l'intérieur des domaines vitaux d'autre part (*c.-à-d.* échelle du domaine vital). Ainsi, les routes et les chemins forestiers du site d'étude ont été déplacés 100 fois aléatoirement dans l'ensemble de l'aire d'étude, formant 100 structures linéaires fictives de longueurs et de directions identiques aux routes ou chemins forestiers réellement présents dans l'aire d'étude. La même orientation a été conservée pour les axes routiers aléatoires et pour les axes réels pour respecter le fait que ce sont essentiellement les contraintes topographiques qui ont influencé le tracé des routes et des chemins traversant la réserve faunique des Laurentides. Le nombre d'intersections entre chacun des axes (routes et chemins forestiers réels et aléatoires) et les trajectoires de déplacements de chaque animal ont été comptabilisés. Le même genre d'exercice a été réalisé à l'échelle du domaine vital en créant 100 routes et 100 chemins forestiers aléatoires, de longueurs et de directions identiques aux axes réels contenus dans chacun des domaines vitaux. Dans ce second cas, seuls les animaux présentant une portion d'axe routier au sein de leur domaine vital ont été considérés. Des analyses de variance ont permis de déterminer si le nombre de traversées de structures linéaires dépendait de différentes variables explicatives telles que le type d'axe routier (*i.e.* route ou chemin forestier), son statut (*i.e.* réel ou aléatoire), l'individu et l'année (en tant que facteurs aléatoires). La racine carrée du nombre de traversées fut utilisée afin de respecter les conditions d'application de l'ANOVA.

### *b) Fréquentation des axes routiers et des zones adjacentes*

Pour estimer l'évitement des secteurs proches des routes ou des chemins forestiers par les originaux, des bandes de 0 à 50 m, de 50 à 250 m, de 250 à 500 m, de 500 à 1 000 m, de 1 000 à 1 500 m et de 1500 à 2 000 m furent générées de part et d'autre de chaque axe routier à l'aide du logiciel ArcInfo (figure 3). La largeur de la route asphaltée a été estimée à 20 m alors que la partie gravelée des chemins forestiers fut estimée à 6 m (figure 3). Les localisations des originaux ont été dénombrées dans chaque bande et comparées aux valeurs attendues (*c.-à-d.* nombre de localisations réelles dans le domaine vital  $\times$  proportion de la superficie du domaine vital occupée

par la bande), pour chacun des domaines vitaux annuels, à l'aide d'un test non paramétrique de Wilcoxon (*c.-à-d.* test pour mesures appariées).

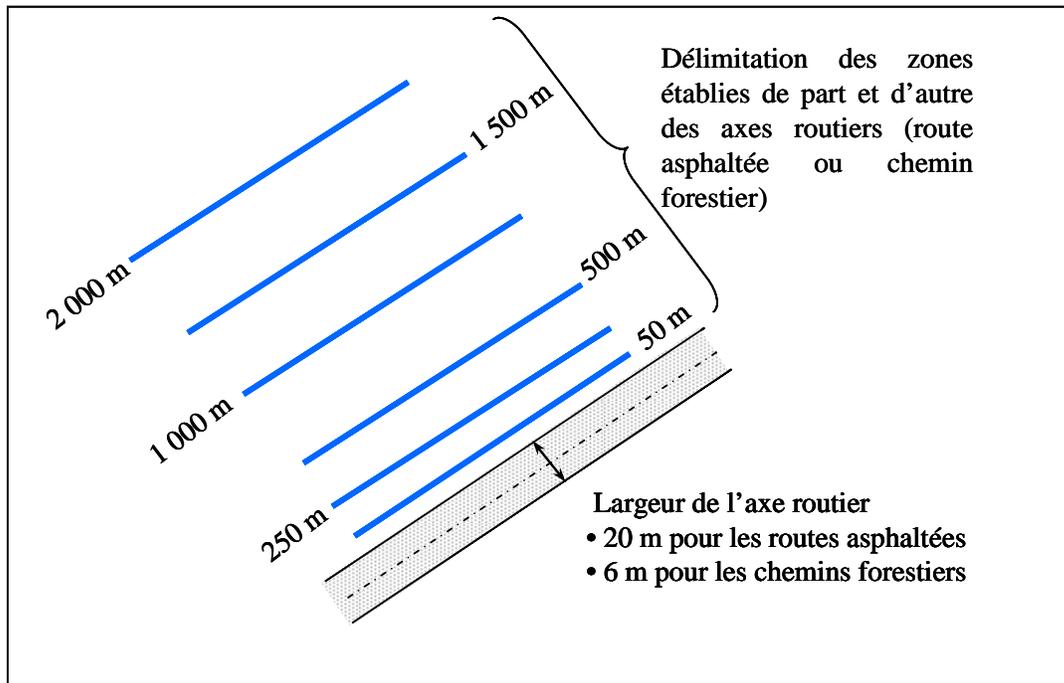


Figure 3. Largeurs des différentes bandes permettant d'estimer l'attraction pour les routes et les chemins forestiers par les orignaux dans la réserve faunique des Laurentides.

*c) Présence des axes routiers en périphérie des domaines vitaux.*

La densité des routes et des chemins forestiers en périphérie des domaines vitaux fut estimée après avoir généré des bandes de 500 m autour du périmètre de chaque domaine vital à l'aide du logiciel ArcInfo (figure 4). La superficie de ces bandes fut ensuite calculée. Les 100 routes et 100 chemins forestiers créés aléatoirement dans l'aire d'étude ont de nouveau été utilisés afin de comparer leur densité à celle des routes et des chemins forestiers réellement présents autour des domaines vitaux. Une analyse de variance a permis de tester si la densité des axes routiers différait de celle des axes aléatoires dans les bandes entourant les domaines vitaux. Le test a été effectué sur la racine carrée de la longueur/unité de surface des segments d'axes routiers.

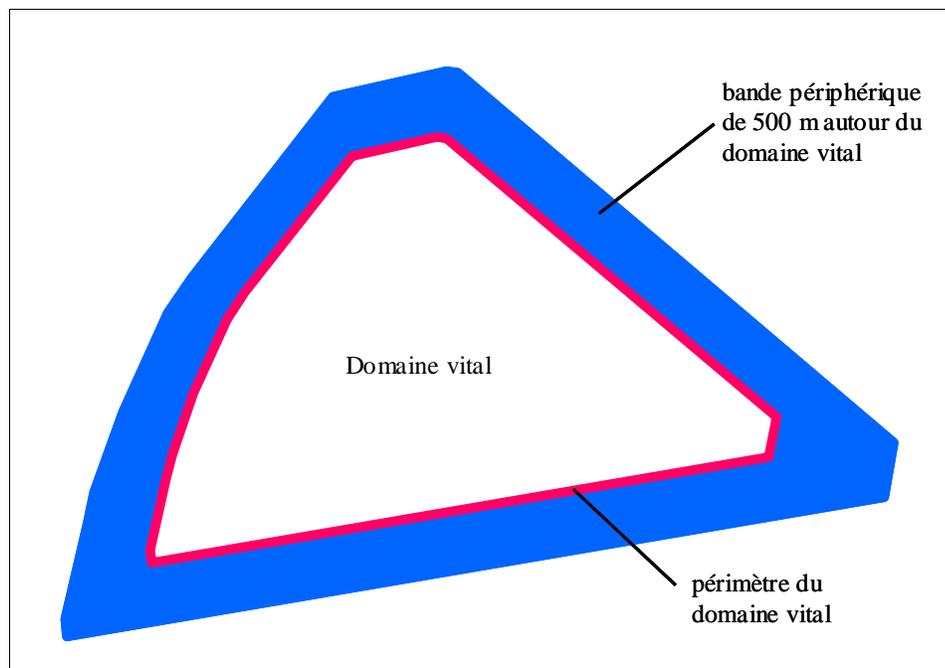


Figure 4. Bande périphérique de 500 m de largeur autour d'un domaine vital.

*d) Influence de la présence des axes routiers sur la superficie des domaines vitaux.*

Une régression linéaire a été calculée entre la superficie des domaines vitaux et la proportion des axes routiers qu'ils incluaient pour déterminer si la taille du domaine vital d'un orignal est influencée par la proportion de routes et de chemins forestiers qu'il contient. Seuls les individus ayant des localisations au printemps, en été et/ou à l'automne (N = 44 domaines vitaux) ont été considérés pour l'analyse car les déplacements sont beaucoup plus restreints au cours de l'hiver et les domaines vitaux de cette période ne reflètent pas les domaines vitaux annuels. Les données ont été transformées [*i.e.*  $\log_{10}(\text{superficie du domaine vital} + 0,01)$  et  $\log_{10}(\text{proportion des routes et des chemins forestiers inclus dans le domaine vital} + 0,01)$ ] afin de normaliser la distribution des résidus. L'analyse regroupe les routes et les chemins forestiers afin d'augmenter la taille de l'effectif, tous les domaines vitaux ne contenant pas les deux types d'axes routiers.

***Qu'est ce qui inciterait les orignaux à utiliser les axes routiers ?***

*a) Les insectes hématophages.*

Pour estimer l'abondance en insectes hématophages (tabanidés, mouches noires et moustiques), une mesure du harcèlement (O = aucun insecte, A = présence d'insectes mais sans inconvénient,

B = léger harcèlement, C = harcèlement préoccupant, D = harcèlement insoutenable) a été effectuée durant l'été 2004. Les conditions météorologiques furent notées lors des relevés (température, humidité, vitesse du vent, nuages, pluie, etc.), car l'abondance de ces insectes varie en fonction des changements de température et d'humidité (Fredeen et Mason 1991; Martin *et al.* 1994). Ce dénombrement a été réalisé tous les deux à quatre jours dans 20 stations fixes, au printemps et en été. La moitié des stations était localisée en bordure de route asphaltée (< 10 m) alors que d'autres étaient en forêt. Les données recueillies ont été réparties en six périodes de deux semaines, soit du 1<sup>er</sup> au 15 juin, du 16 au 30 juin, du 1<sup>er</sup> au 15 juillet, du 16 au 31 juillet, du 1<sup>er</sup> au 15 août et du 16 au 31 août. Des tests de  $\chi^2$  ont permis de déterminer s'il y avait une influence de la période et du type d'habitat (*c.-à-d.* bordure de route ou en forêt) sur la fréquence de chacune des catégories d'insectes. Parallèlement, des indices de sélection d'habitat (*c.-à-d.* proportion d'habitat utilisé aux points de localisations/proportion d'habitat disponible dans le domaine vital) ont été calculés pour chaque période afin d'évaluer si les axes routiers et leurs abords ou le milieu forestier (> 50 m d'un axe routier) avaient été préférés lors des pics d'abondance des insectes hématophages. Une MANOVA a permis de tester les effets de la période et de la catégorie d'habitat sur l'indice de sélection d'habitat.

*b) Le sodium dans les végétaux et la consommation de nourriture*

Afin de déterminer les caractéristiques végétales des accotements routiers, des prélèvements de feuilles et de ramilles ont été effectués les 20, 21 et 22 juillet 2004 sur trois essences très utilisées par l'orignal [bouleau à papier (*Betula papyrifera*), peuplier faux tremble (*Populus tremuloïdes*) et saules (*Salix spp.*)] dans 15 sites en bordure de routes déglacées en hiver et dans 15 sites en bordure de chemins forestiers, distants d'au moins 300 m des routes asphaltées. Les végétaux étaient situés entre 0 et 10 m de la bordure asphaltée ou gravelée de la route ou du chemin. Les parties des plantes prélevées étaient accessibles par l'orignal, c'est-à-dire localisées entre 0,5 et 3 m du sol. Chaque échantillon a été séché à 70 °C pendant 48 heures puis broyé, réduit en cendres (500 °C pendant 12 heures) puis dissous dans 5 ml d'une solution d'acide chlorhydrique à 20 %. Le soluté obtenu a été filtré puis dilué avec de l'eau distillée, pour obtenir un volume total de 50 ml. Pour les analyses de concentrations en sodium, des solutions standard ICP dans des ballons de 100 ml, contenant 5 ppm de Na<sup>+</sup> dans de l'eau distillée, furent préparées. Des analyses de variance ont permis de déterminer s'il existait une différence de concentration en

sodium dans les végétaux selon leur proximité par rapport à la route, et ce pour chacune des essences végétales prélevées.

Pour mesurer la consommation de la végétation par les orignaux, des estimations du taux de broutement ont été réalisées aux alentours de parcelles d'inventaires de végétation dans 14 peuplements répartis dans chacune des huit catégories d'habitats définies (*c.-à-d.* peuplements mixtes ou feuillus de 0 à 20 ans; peuplements mixtes ou feuillus de 20 à 40 ans, peuplements mixtes ou feuillus de plus de 40 ans, peuplements résineux de 0 à 20 ans, peuplements résineux de plus de 20 ans, bordure de route comprise entre 0 et 50 m de la route asphaltées, bordure de chemin forestier comprise entre 0 et 50 m du chemin, et autres incluant les lacs, les rivières, les gravières et tous les milieux improductifs). La proportion de ramilles broutées a été estimée visuellement en utilisant les classes suivantes : 0 à 5 %, 6 à 20 %, 21 à 40 %, 41 à 60 %, 61 à 80 %, 81 à 94 % et 95 à 100 % de broutement. Des tests de  $\chi^2$  ont permis de déterminer si l'ampleur du broutement variait entre les bordures de routes, les bordures de chemins forestiers (dans les 50 m de part et d'autre de l'axe routier) et le milieu forestier (> 50 m du bord d'une route ou d'un chemin forestier), et ce en séparant les milieux à dominance de feuillus de ceux à dominance de résineux. Les classes de 6 à 60 % de broutement ont été regroupées pour les analyses. Aussi, durant les inventaires de végétation, la quantité de nourriture disponible pour les orignaux a été estimée dans deux parcelles (1 m x 10 m) distantes de 30 m dans chacun des peuplements. Un décompte du nombre de tiges de chacune des essences végétales présentes fut réalisé. Un test de Kruskal-Wallis a permis de déterminer s'il existait des différences de quantité de nourriture disponible entre les milieux proches des routes, des chemins ou en forêt, afin de comprendre si la proportion de brout dépendait de la quantité de nourriture présente.

*c) La présence de mares salines en bordure des routes asphaltées*

La présence et la fréquentation (*i.e.* présence de pistes d'orignaux) de mares salines situées dans un rayon de 20 m autour des sites de localisations des orignaux suivis en bordures des routes asphaltées (entre 0 et 50 m de part et d'autre de la route 175 et de la route 169) ont été comparées à celles de sites témoins (répartis aléatoirement dans la zone) à l'aide de tests de  $\chi^2$ . De plus, la répartition temporelle des localisations a été analysée (test de  $\chi^2$ ).

## RÉSULTATS

Les deux années de suivi ont permis d'enregistrer 123 447 localisations issues des colliers GPS portés par 34 individus différents. Tous les colliers n'ont pas enregistré un nombre équivalent de localisations (tableau 1), que ce soit parce que les animaux marqués ont été abattus à la chasse ou sont morts d'autres causes, ou bien parce que les colliers ont été défectueux à l'une ou l'autre des périodes de l'année.

Tableau 1. Caractéristiques des enregistrements effectués par les colliers GPS dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004

Paramètre	Effectif
Nombre moyen de localisations annuelles par collier $\pm$ erreur type	2 684 $\pm$ 124
Nombre minimal de localisations en une année de suivi	546
Nombre maximal de localisations en une année de suivi	4 156
Nombre d'individus pour lesquels des localisations ont été enregistrées en :	
2003 seulement	10
2003 et 2004	12
2004 seulement	12

Les superficies des 46 domaines vitaux annuels calculés à partir des 34 orignaux suivis furent variables d'un individu à l'autre, et en moyenne de l'ordre de 40 à 70 km<sup>2</sup> (tableau 2).

Tableau 2. Superficies moyennes des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004

Sexe	Superficie moyenne (km <sup>2</sup> ) $\pm$ erreur type	
	2003	2004
Mâle	67,6 $\pm$ 15,0	55,8 $\pm$ 15,7
Femelle	56,8 $\pm$ 10,6	39,0 $\pm$ 7,8

Les marquages furent effectués à une distance moyenne de 3,3  $\pm$  0,3 km de la route asphaltée la plus proche et, ainsi, tous les animaux avaient la capacité de fréquenter les routes 175 et 169, étant donné la superficie de leurs domaines vitaux. Les grandes différences dans la superficie des domaines vitaux entre les deux années sont vraisemblablement dues au fait que, la seconde année, l'enregistrement des localisations s'est effectué sur une période de temps plus courte que

la première année. Par exemple, le collier de la femelle L17 a enregistré 3 036 localisations entre février et décembre 2003 mais n'a enregistré des localisations que durant cinq mois en 2004 ( $n = 1\,465$ ), l'animal s'étant très peu déplacé jusqu'à cette date avant de mourir. De même, le collier de la femelle L20 a enregistré 3 488 localisations entre février et décembre 2003 et 1 004 localisations entre janvier et mars 2004, après quoi le collier a arrêté de fonctionner.

### *Les orignaux recherchent-ils les axes routiers ?*

Parmi les 46 domaines vitaux délimités à l'aide de la méthode du polygone convexe à 100 %, 20 ne contenaient pas de segment de route asphaltée et huit ne contenaient pas de segment de chemin forestier. De plus, les animaux possédant un fragment de route ou de chemin forestier dans leur domaine vital n'ont pas forcément traversé ces structures lors de leurs déplacements. Ainsi, quatre animaux (*c.à-d.* L01, L18, L26 en 2003 et L19 en 2004) dont les domaines vitaux annuels contenaient un segment de route asphaltée et quatre animaux (L01 et L06 en 2003 ainsi que L06, L18 et L29 en 2004) dont les domaines vitaux annuels contenaient un segment de chemin forestier n'ont jamais traversé l'une ou l'autre de ces structures. En fait, sur les 34 animaux suivis, uniquement 16 ont traversé une route asphaltée à une ou plusieurs reprises (nombre total de traversées = 188, moyenne =  $8,5 \pm 0,8$ ) et 27 un chemin forestier (nombre total de traversées = 763, moyenne =  $23,1 \pm 4,6$ ), durant l'ensemble de la période de suivi. Tous les animaux étaient pourtant susceptibles de fréquenter une route, étant donné le lieu de leur marquage et les distances qu'ils sont capables de parcourir.

#### *a) Traversées des axes routiers.*

L'analyse des trajectoires de déplacements des orignaux a montré que les routes et les chemins forestiers réellement présents dans leurs domaines vitaux furent, en moyenne, environ moitié moins traversés qu'attendu, quelle que soit l'échelle considérée (tableau 3). Ainsi, à l'échelle du paysage, les orignaux ont évité de faire chevaucher des axes routiers avec leurs domaines vitaux lorsqu'ils s'établissaient et, à plus petite échelle (*i.e.* du domaine vital), les animaux ont évité de fréquenter les axes routiers qui étaient inclus dans leur domaine vital. De plus, les chemins forestiers ont été plus traversés que les routes asphaltées (tableaux 3 et 4), que ce soit à l'échelle du paysage ( $F_{1,182} = 60,32$ ;  $P < 0,0001$ ;  $n = 186$ ) ou du domaine vital ( $F_{1,88} = 9,34$ ;  $P = 0,003$ ;  $n = 128$ ).

Tableau 3. Nombre moyen de traversées ( $\pm$  erreur type) de routes ou de chemins forestiers (réels ou aléatoires) par les orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004, à deux échelles spatiales

Échelle	Structure	Observé	Attendu	Différence (%)
Paysage	Routes asphaltées	4,00 $\pm$ 0,5	8,79 $\pm$ 0,1	54,5
	Chemins forestiers	16,23 $\pm$ 0,7	31,24 $\pm$ 0,1	48,0
Domaine vital	Routes asphaltées	7,23 $\pm$ 0,5	13,19 $\pm$ 0,1	45,2
	Chemins forestiers	20,08 $\pm$ 0,7	34,43 $\pm$ 0,6	41,7

Toutefois, les deux types d'axes routiers sont évités (échelle du paysage :  $F_{1,182} = 50,61$ ;  $P < 0,0001$ ;  $n = 186$ ; échelle du domaine vital :  $F_{1,88} = 5,22$ ;  $P = 0,03$ ;  $n = 128$ ; tableau 4), les orignaux évitant plus les routes asphaltées que les chemins forestiers.

Tableau 4. Résultats des analyses de variance sur les traversées de routes ou de chemins forestiers (réels ou aléatoires) par les orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004

Échelle spatiale	Facteur	dl	F	P
Paysage	Structure*	1	60,32	< 0,0001
	Statut <sup>‡</sup>	1	50,61	< 0,0001
	Structure $\times$ Statut	1	1,30	0,25
Domaine vital	Structure	1	9,34	0,003
	Statut	1	5,22	0,03
	Structure $\times$ Statut	1	1,61	0,22

\* route asphaltée ou chemin forestier

<sup>‡</sup> réel ou aléatoire

#### *b) Fréquentation des axes routiers et des zones adjacentes.*

La fréquentation des différentes zones de part et d'autre des routes asphaltées et des chemins forestiers était non aléatoire (tableau 5). Tout d'abord, des différences importantes se situaient au niveau des structures elles-mêmes (figure 5), la fréquentation moyenne des routes étant environ 26 fois moins élevée qu'attendue, alors que la fréquentation moyenne des chemins forestiers était environ sept fois moindre qu'attendue. Selon le type d'axe routier considéré, il ressort également que la zone située entre 0 et 50 m de part et d'autre de ces axes a été utilisée de façon tout à fait différente. En effet, alors que cette zone a été évitée aux abords des chemins forestiers (tableau 5), les abords immédiats des routes asphaltées furent fortement utilisés (tableau 5, figure 5). Cette

différence est essentiellement due au comportement de quatre originaux (L05-2003, L06-2003 et 2004, L14-2003 et L42-2004). De plus, la zone située entre 50 et 250 m fut évitée aux abords des routes asphaltées alors qu'elle fut significativement plus utilisée qu'attendu, tout comme la zone de 250 à 500 m, aux abords des chemins forestiers. Par contre, il n'y avait pas de différence significative évidente quant à la distribution des localisations réelles et aléatoires des originaux au-delà de 500 m (tableau 5), les animaux s'étant déplacés sans égard aux axes routiers au-delà de cette distance, de part et d'autre des deux types d'axes routiers.

Tableau 5. Résultats des tests de Wilcoxon évaluant la fréquentation des zones plus ou moins éloignées des routes et des chemins forestiers

Axe routier	Zone	Z	P	n
Routes asphaltées	Route (20 m)	-4,37	< 0,0001	25
	0 - 50 m	-4,31	< 0,0001	33
	50 - 250 m	-3,47	0,001	35
	250 - 500 m	-1,32	0,187	37
	500 - 1 000 m	0,62	0,538	38
	1 000 - 1 500 m	0,04	0,968	40
	1 500 - 2 000 m	-0,54	0,591	40
Chemins forestiers	Chemin (6 m)	-5,37	< 0,0001	38
	0 - 50 m	-4,94	< 0,0001	38
	50 - 250 m	-3,54	< 0,0001	42
	250 - 500 m	-2,25	0,025	43
	500 - 1 000 m	-1,96	0,050	44
	1 000 - 1 500 m	-0,77	0,440	43
	1 500 - 2 000 m	-1,55	0,121	44

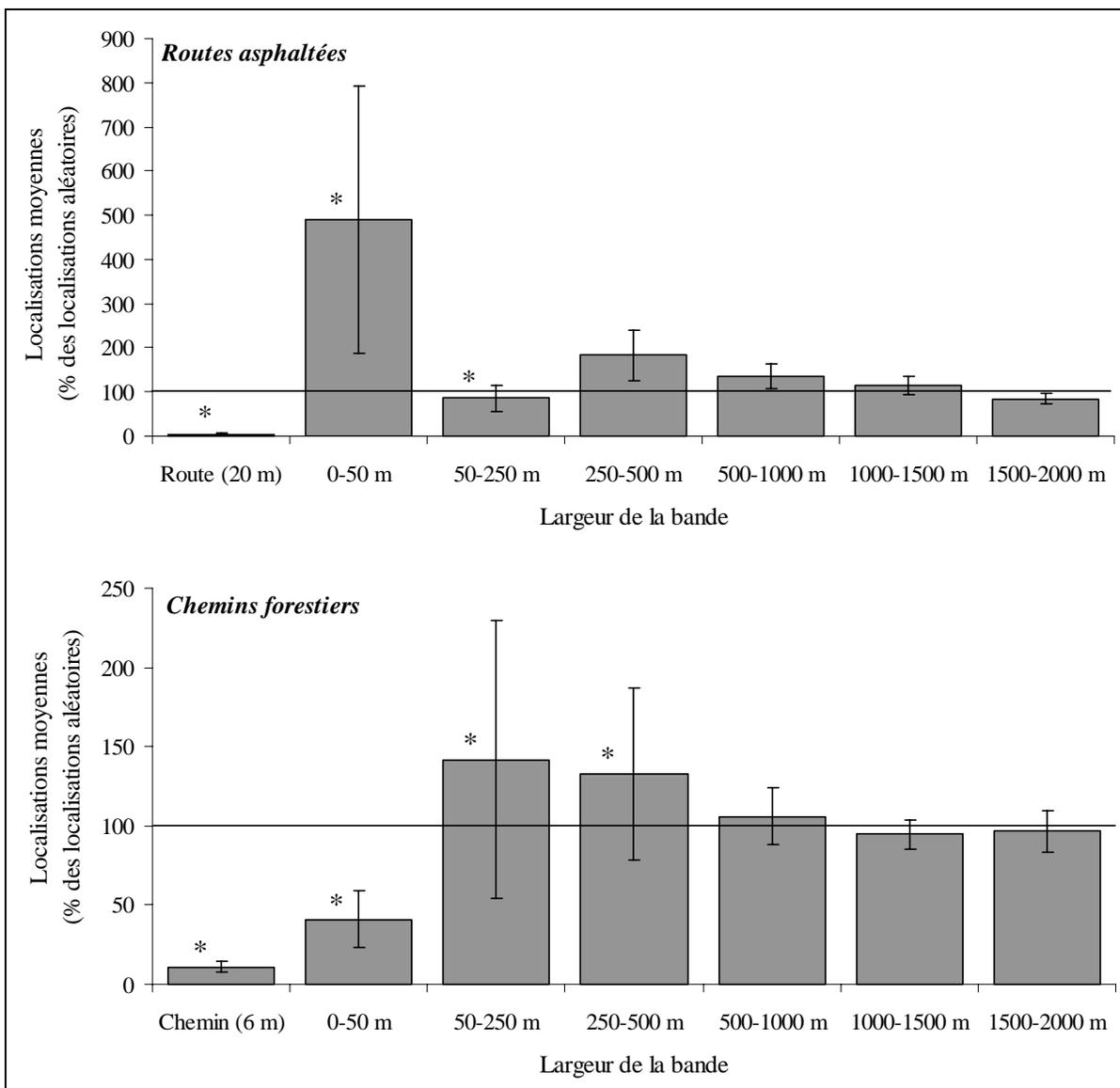


Figure 5. Utilisation des routes, des chemins forestiers et des bandes de différentes largeurs de part et d'autre de ces structures ( $\pm$  erreur type), présenté comme un pourcentage du nombre de points de localisations aléatoires dans les domaines vitaux des orignaux de la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004 (\*  $P < 0,03$ ).

Note : si la distribution des repérages était aléatoire ou indépendante de la route, la proportion ne devrait pas différer de 100 %.

*c) Présence des axes routiers en périphérie des domaines vitaux.*

La présence d'axes routiers en périphérie des domaines vitaux des orignaux montre que les routes asphaltées ont été surreprésentées ( $F_{1,88} = 9,09$ ,  $P = 0,003$ ,  $n = 90$  ; tableau 6), avec une tendance inverse pour les chemins forestiers ( $F_{1,88} = 6,64$ ,  $P = 0,01$ ,  $n = 90$ ). Ainsi, les orignaux ont semblé

exclure les routes asphaltées de leurs domaines vitaux, celles-ci se retrouvant de façon plus importante en leur pourtour, ce qui n'était pas le cas pour les chemins forestiers.

Tableau 6. Densités moyennes de routes et de chemins forestiers dans les bandes de 500 m en périphérie des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie dans la réserve faunique des Laurentides en 2003 et 2004

Structure	Statut	Moyenne	Erreur type
Route asphaltée	Réel	1,48 m/ha	0,20 m/ha
	Aléatoire	0,60 m/ha	0,10 m/ha
Chemin forestier	Réel	1,43 m/ha	1,15 m/ha
	Aléatoire	1,79 m/ha	0,09 m/ha

*d) Influence de la présence des axes routiers sur la superficie des domaines vitaux.*

En ce qui concerne la superficie des domaines vitaux, elle ne montre pas de relation linéaire avec la proportion de routes et/ou de chemins forestiers qui les traversent ( $R^2$  très faible; figure 6). Dans tous les cas, la proportion des axes routiers est très faible (entre 0 et 0,6%) dans les domaines vitaux, quelle que soit leur superficie.

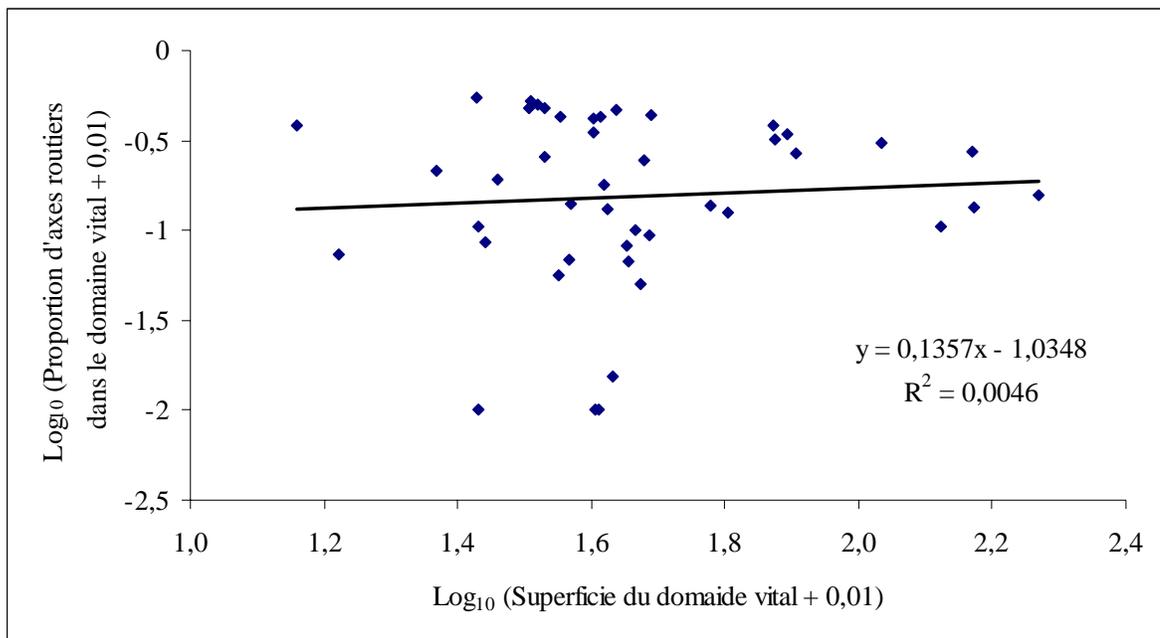


Figure 6. Superficie (km<sup>2</sup>) des domaines vitaux des orignaux suivis par télémétrie en fonction de la proportion de routes et de chemins forestiers qu'ils contiennent.

### *Qu'est ce qui inciterait les orignaux à utiliser les axes routiers?*

#### *a) Les insectes hématophages*

Dans le secteur étudié de la réserve faunique des Laurentides durant l'été 2004, l'abondance des tabanidés, des mouches noires et des moustiques fut très faible durant la première quinzaine de juin (figure 7), leur présence ayant été notée dans moins de 20 % des sites inventoriés (classes B, C ou D). La seconde quinzaine d'août présentait également peu d'insectes (35 % des sites avec insectes). Les tabanidés sont restés peu abondants tout au long de l'été, sans variation significative entre les périodes ( $\chi^2 = 23,08$ ;  $P = 0,08$ ;  $dl = 15$ ;  $n = 180$ ). L'abondance des mouches noires a toutefois varié entre les périodes ( $\chi^2 = 54,37$ ;  $P < 0,0001$ ;  $dl = 20$ ;  $n = 180$ ). Elles étaient relativement abondantes de la mi-juin à la mi-août, avec un pic plus évident durant la seconde moitié du mois de juillet. Quant aux moustiques, ils furent relativement abondants de la mi-juin à la mi-août avec un pic d'abondance du 1<sup>er</sup> au 15 juillet ( $\chi^2 = 54,15$ ;  $P < 0,0001$ ;  $dl = 20$ ;  $n = 180$ ). Ainsi, la période la plus achalandée en insectes hématophages fut le mois de juillet, bien que toutes les espèces n'aient pas culminé au même moment. De plus, les tabanidés ( $\chi^2 = 6,06$ ;  $P = 0,11$ ;  $dl = 3$ ;  $n = 269$ ) et les mouches noires ( $\chi^2 = 2,42$ ;  $P = 0,66$ ;  $dl = 4$ ;  $n = 269$ ) furent autant abondants aux abords des routes asphaltées que dans les zones présentant un couvert forestier, contrairement aux moustiques qui furent beaucoup plus abondants en forêt qu'au bord de la route ( $\chi^2 = 34,64$ ;  $P < 0,0001$ ;  $dl = 4$ ;  $n = 269$ ).

Bien qu'il y ait eu des pics d'abondance d'insectes hématophages, les orignaux ont sélectionné leur habitat de façon comparable durant les six périodes de l'été 2004 (tableau 7). Dans tous les cas, ils ne se sont pas rapprochés des routes lorsque les insectes étaient plus abondants, la période n'ayant pas eu d'effet significatif sur leur sélection de l'habitat. Par contre, le milieu forestier a été utilisé autant qu'il était disponible (indice de sélection moyen de 1,02) alors que les axes routiers et leurs abords ont été sous-utilisés (indice moyen de 0,41).

Tableau 7. MANOVA pour déterminer si l'utilisation des axes routiers et de leurs abords augmente au cours des pics d'abondance d'insectes hématophages (été 2004)

Facteur	<i>dl</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Période	5	0,91	0,48
Habitat	1	13,34	0,002
Période × Habitat	5	0,92	0,47

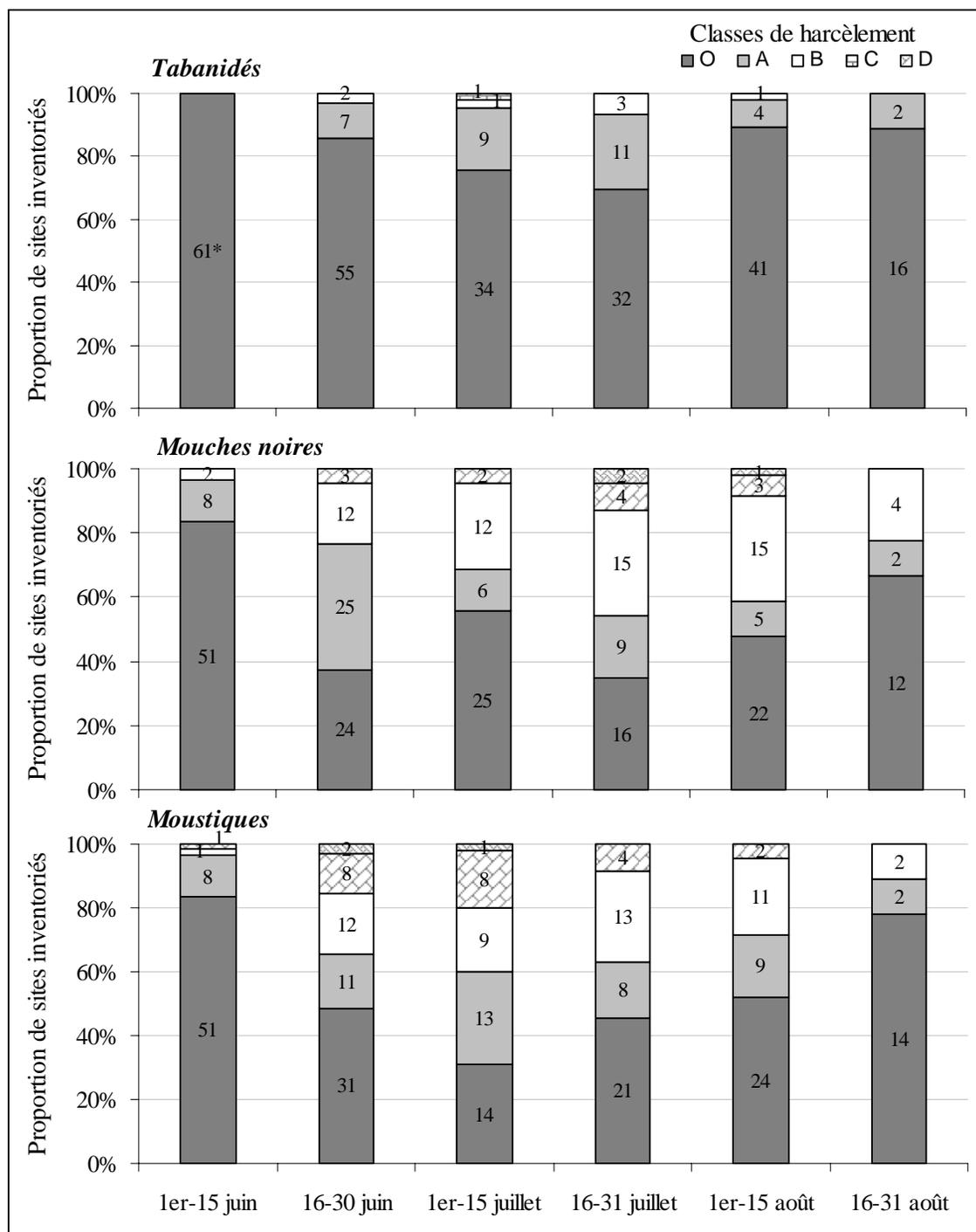


Figure 7. Estimation de l'abondance (O = aucun insecte, A = présence d'insectes mais sans inconfort, B = léger harcèlement, C = harcèlement préoccupant, D = harcèlement insupportable) des insectes hématophages dans la réserve faunique des Laurentides durant six périodes de l'été 2004 (\* nombres de sites).

*b) Le sodium dans les végétaux et la consommation de nourriture*

Les concentrations en sodium dans la végétation furent, en moyenne, de l'ordre de 2 à 4 ppm (tableau 8), avec des tendances à des concentrations plus faibles en bordure de chemins forestiers pour le peuplier faux-tremble et les saules. Toutefois, les analyses n'ont pas montré de différences significatives quant à la teneur en sodium entre les végétaux de bords de routes asphaltées et de chemins forestiers, quelle que soit l'essence végétale considérée (Bouleau à papier :  $F_{1,30} = 0,28$ ,  $P = 0,60$ ,  $n = 30$  ; Peuplier faux-tremble :  $F_{1,29} = 1,99$ ,  $P = 0,17$ ,  $n = 30$  ; Saule :  $F_{1,29} = 2,65$ ,  $P = 0,11$ ,  $n = 30$ ).

Tableau 8. Concentrations moyennes en sodium (ppm) des essences végétales prélevées en bordures de routes déglacées en hiver et de chemins forestiers à l'été 2004 dans la réserve faunique des Laurentides

	Bords de routes asphaltées			Bords de chemins forestiers		
	Moyenne ± erreur type	Minimum	Maximum	Moyenne ± erreur type	Minimum	Maximum
Bouleau	3,45 ± 0,26	1,59	5,78	3,67 ± 0,77	1,46	13,17
Peuplier	3,75 ± 0,59	1,79	10,56	2,77 ± 0,25	1,53	4,96
Saule	3,25 ± 0,52	1,04	9,13	2,22 ± 0,19	0,87	3,26

La proportion de végétaux broutés dans les différents milieux inventoriés était généralement faible ou nulle (figure 8), la classe 0-5 % de végétaux broutés étant la plus fréquente, que ce soit sur les essences feuillues ou résineuses. De plus, il n'existe pas de différence significative quant à l'importance du broutement entre les milieux proches des routes asphaltées, proches des chemins forestiers ou à l'intérieur de la forêt, que ce soit pour les feuillus ( $\chi^2 = 1,08$ ;  $P = 0,58$ ;  $dl = 2$ ;  $n = 180$ ) ou les résineux ( $\chi^2 = 1,88$ ;  $P = 0,39$ ;  $dl = 2$ ;  $n = 184$ ). Ainsi, les orignaux ont fréquenté tous les milieux disponibles pour s'alimenter mais sans consommer plus de végétaux aux abords des routes asphaltées qu'aux abords des chemins forestiers ou qu'en pleine forêt, alors que la nourriture avait des concentrations en sodium comparables, où qu'elle se trouve.

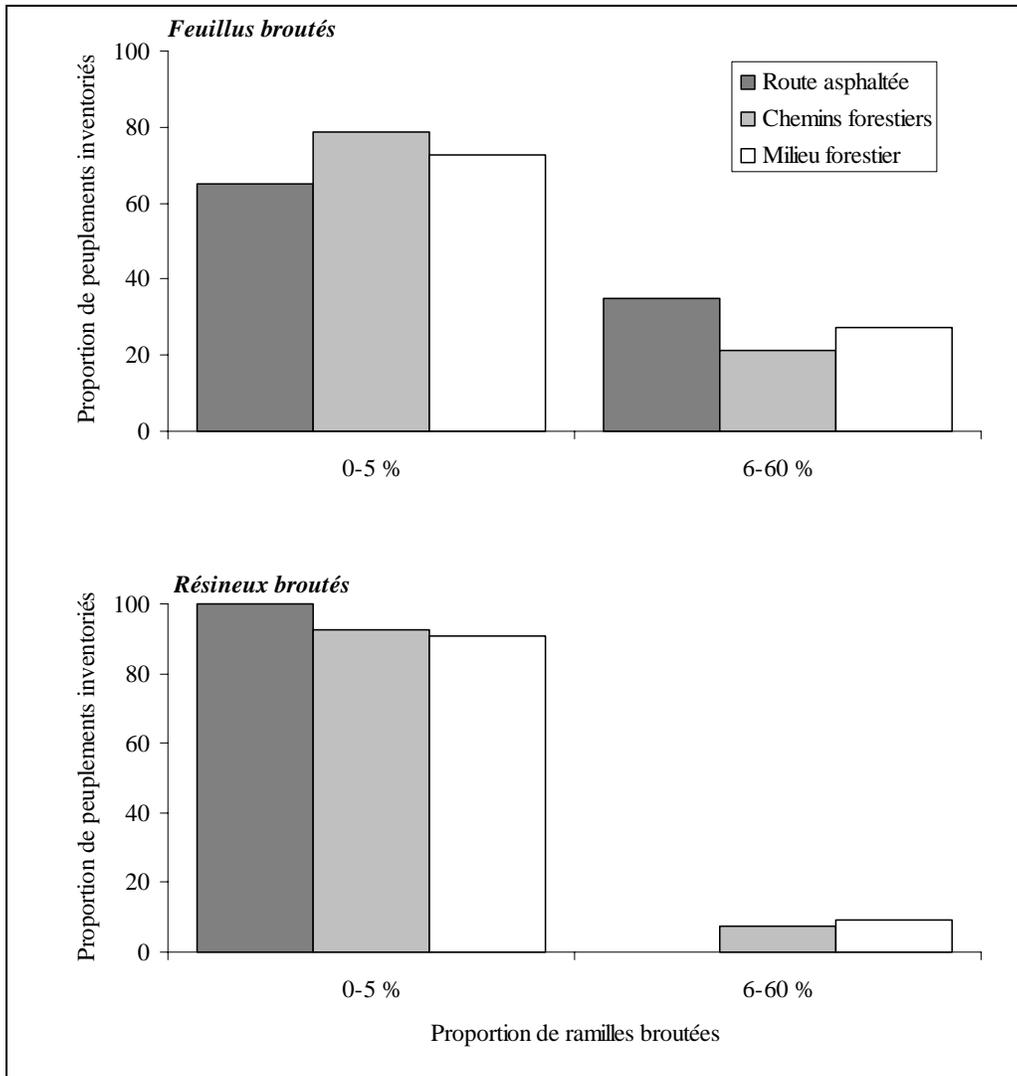


Figure 8. Proportion de ramilles broutées aux abords des routes, aux abords des chemins forestiers et dans les peuplements forestiers au cours de l'été 2004 dans la réserve faunique des Laurentides.

Les feuillus possédaient de trois à 15 fois plus de tiges disponibles que les résineux (figure 9). Toutefois, la quantité de nourriture disponible pour les orignaux ne présentait pas de différence significative entre les milieux, que ce soit pour les feuillus ( $H = 0,53$ ,  $P = 0,77$ ,  $n = 98$  peuplements) ou les résineux ( $H = 6,17$ ,  $P = 0,05$ ,  $n = 98$ ), même si ces derniers paraissaient être en moindre quantité en bordure de routes asphaltées. La quantité de nourriture disponible et sa consommation (*i.e.* brout) équivalentes entre les différents milieux laissent penser que les orignaux n'ont pas eu de préférence entre les milieux où ils se sont alimentés.

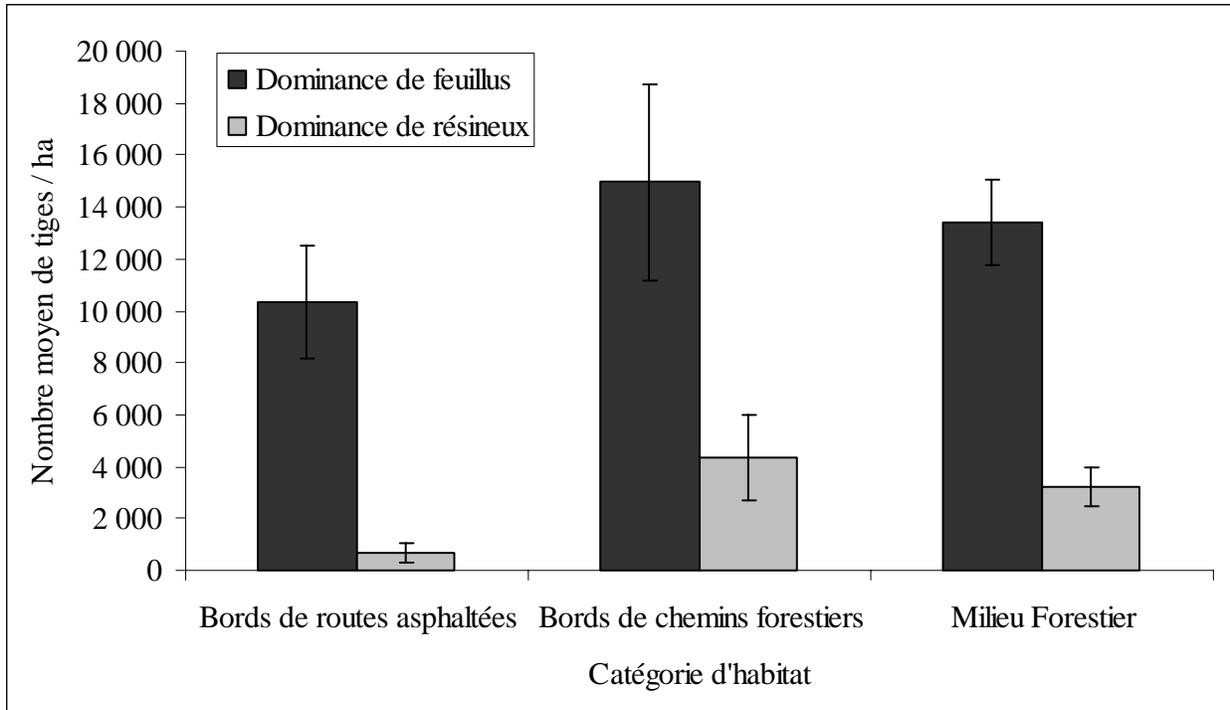


Figure 9. Nombre moyen de tiges (/ha) aux abords des routes asphaltées, aux abords des chemins forestiers et dans les peuplements forestiers au cours de l'été 2004 dans la réserve faunique des Laurentides.

*c) La présence de mares salines en bordure des routes asphaltées*

Les zones proches des routes asphaltées furent plus utilisées qu'attendu (figure 5, tableau 5), et cette surutilisation s'est produite essentiellement au printemps et en été (figure 9). En effet, 22 des 34 individus suivis ont été localisés à une ou plusieurs reprises entre 0 et 50 m de part et d'autre de ces routes. Sur les 85 localisations enregistrées dans cette bande, 77,6 % l'ont été de mai à août, le plus grand nombre de localisations ayant été enregistré au mois de mai. De plus, 60 % de ces sites présentaient une mare saline dans un rayon de 20 m, ce qui était significativement plus important que les 15,5 % de mares salines proches des 213 sites témoins inventoriés ( $\chi^2 = 59,45$  ;  $P < 0,001$  ;  $dl = 1$  ;  $n = 298$ ). Aussi, parmi les 51 mares salines présentes près des sites de localisations, 86,3 % avaient été visitées alors que seulement 21,2 % des 33 mares salines proches de sites témoins présentaient des signes de passages d'originaux ( $\chi^2 = 35,56$  ;  $P < 0,001$  ;  $dl = 1$  ;  $n = 84$ ).

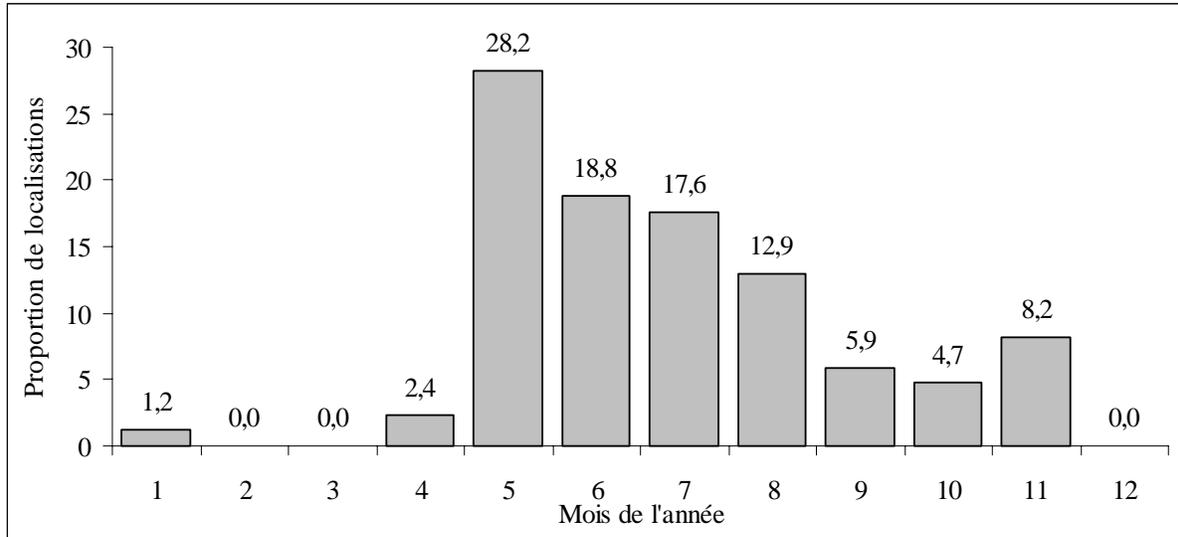


Figure 10. Proportions mensuelles de localisations enregistrées dans la zone de 0-50 m de part et d'autre des routes asphaltées de la réserve faunique des Laurentides, de janvier 2003 à janvier 2005.

## ***DISCUSSION***

L'objectif de cette étude était d'identifier si la présence d'un réseau routier avait des effets sur le comportement des orignaux. Pour cela, l'hypothèse selon laquelle les orignaux évitent généralement les axes routiers, mais recherchent parfois les abords des routes parce que les sels minéraux et la nourriture y sont plus disponibles que dans la forêt adjacente et parce que les insectes y sont moins abondants fut testée.

L'étude présentée ici montre que les orignaux ne sont attirés ni par les routes asphaltées ni par les chemins forestiers (où le trafic est pourtant moins important), mais plutôt qu'ils les évitent, aussi bien à l'échelle du paysage qu'à celle du domaine vital. Dans l'ensemble, les 34 animaux suivis par télémétrie GPS lors de cette étude ont très peu traversé les routes asphaltées (*c.-à-d.* 188 traversées de routes pour 404 traversées attendues à l'échelle du paysage ou 342 à l'échelle des domaines vitaux), mais ils ont aussi peu traversé les chemins forestiers (763 traversées sur 1 437 ou 1 308 attendues à l'échelle du paysage et des domaines vitaux, respectivement). Ainsi, tous les individus se sont comportés de la même façon en évitant d'établir leurs domaines vitaux là où des axes routiers étaient présents (*c.-à-d.* échelle du paysage) et en évitant de traverser les sections d'axes routiers qui se trouvaient dans leurs domaines vitaux (*c.-à-d.* échelle du domaine vital), lors de leurs déplacements. Toutefois, la délimitation de l'aire d'étude, déterminée avant l'obtention des premières localisations et qui est de superficie bien supérieure à celle de l'ensemble des domaines vitaux, pourrait biaiser les résultats relatifs aux traversées de chemins forestiers, à l'échelle du paysage. En effet, les chemins ne sont pas répartis uniformément dans l'ensemble de l'aire d'étude considérée (figure 1), mais sont majoritairement au sud de celle-ci, en dehors de l'aire de répartition des orignaux suivis. Ainsi, le nombre de traversées attendues pourrait être surestimé. Les analyses seront reprises ultérieurement, lorsque l'ensemble des localisations seront disponibles et auront permis de délimiter plus précisément l'aire de distribution de ces orignaux.

Par contre, il apparaît que la taille des domaines vitaux des orignaux de la réserve faunique des Laurentides ne varie pas proportionnellement aux axes routiers qu'ils contiennent. Ainsi, il semble que ce ne soit pas pour compenser la perte d'habitat due à la présence d'un axe routier que les animaux accroissent la zone qu'ils parcourent. Cependant, la proportion d'axes routiers à

l'intérieur des domaines vitaux était toujours très faible (< 1%). De plus, les domaines vitaux des orignaux semblent être délimités par les routes asphaltées, celles-ci étant plus présentes qu'attendues en périphérie des domaines vitaux. Ainsi, lorsque ces structures sont présentes dans leur domaine vital ( $n = 24$ ), les orignaux évitent de les utiliser et les excluraient, au moins pour celles à plus fort trafic. Il est donc possible que ce soit lors de changements de secteurs à l'intérieur du domaine vital que les animaux soient portés à traverser les axes routiers, et les risques de collisions sont alors accrus. En effet, les corridors routiers représentent un environnement à haut risque de collisions pour de nombreuses espèces animales (Forman et Alexander 1998) dont l'orignal (Eastman et Ritcey 1987; Child *et al.* 1991), qui craignent alors ces structures. Par exemple, des chèvres de montagne (*Oreamnos americanus*) ou des orignaux ont été observés présentant des comportements de vigilance et de nervosité lorsqu'ils se nourrissaient en bordure de routes (Singer 1978; Yost et Wright 2001). L'évitement de corridors linéaires (routes, pipelines, sentiers) par des caribous a aussi été montré, et particulièrement en période d'achalandage (James et Stuart-Smith 2000; Dyer *et al.* 2002).

Jusqu'à présent, aucune étude n'avait démontré que les orignaux montraient un comportement d'évitement des routes, même à fort trafic (Burson *et al.* 2000; Yost et Wright 2001). Au contraire, il était mentionné que ces animaux pouvaient fréquenter les corridors routiers (axes et/ou leurs abords) pour s'alimenter ou s'abriter (Thompson et Stewart 1998), 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 est épaisse en hiver (Child *et al.* 1991; Del Frate et Spraker 1991). Certains auteurs ont même mentionné qu'en hiver et au printemps, les routes fournissaient des voies alternatives aux orignaux par rapport à leurs trajets traditionnels et que leurs abords fournissaient une densité élevée d'essences végétales très appréciées comparativement à la forêt adjacente (Bédard *et al.* 1978; Child 1998; Finder *et al.* 1999). Aussi, il avait été suggéré qu'au printemps, la fonte de la neige accélérée dans ces milieux dégagés, permettrait un début de croissance végétale anticipé, engendrant une forte utilisation de ces secteurs par les orignaux (Rea 2003). Puis, au cours de l'été et de l'automne, l'entretien de la végétation en bordure des routes maintiendrait la présence des jeunes stades végétatifs, ce qui serait très attractif pour les orignaux (Rea 2003).

Dans la présente étude, l'effet des facteurs qui étaient suggérés comme pouvant attirer les orignaux aux abords des routes n'a pu, dans l'ensemble, être démontré. En effet, bien qu'il ait été suggéré que le harcèlement estival par les insectes hématophages pourrait entraîner certains individus à sélectionner les routes comme habitat refuge, car plus venteux (Kelsall et Simpson 1987), il ne semble pas y avoir d'attraction particulière envers les axes routiers et leurs abords ni au printemps ni en été, même lors des pics d'abondance des insectes piqueurs, notamment celui des moustiques qui étaient plus abondants en forêt que près des routes. En effet, les axes routiers et leurs abords ont été sous-utilisés tout au long de l'été 2004. Il faut mentionner que les pics d'abondance des insectes observés cet été là semblent atypiques car c'est plutôt en juin que ces pics sont habituellement recensés. Mais les conditions climatiques de l'année 2004 furent atypiques (été plutôt froid et pluvieux), ce qui expliquerait un décalage dans les pics d'abondance de ces insectes (J. Boisvert, UQTR, comm. pers.). Toutefois, aucune tendance de surutilisation des routes et de leurs abords ne fut décelée au cours de cet été, permettant de croire que les orignaux n'ont pas cherché à les fréquenter en vue d'éviter les insectes.

Un autre élément qui a été suggéré comme pouvant attirer les orignaux près des routes est la concentration en sodium dans les végétaux. Cependant, aucune différence significative de concentration en sodium n'a été détectée entre les végétaux prélevés près de routes déglacées en hiver ou près de chemins forestiers, quelle que soit l'essence végétale considérée. Il faut préciser que les prélèvements de végétaux ayant été effectués dans la seconde quinzaine du mois de juillet avec un échantillonnage assez restreint, la puissance statistique nécessaire pour mettre en évidence cette différence était peut-être insuffisante. C'est pourquoi d'autres prélèvements ont été effectués au printemps, à l'été et à l'automne 2005 (analyses à réaliser). Comme il existe une tendance à des concentrations en sodium supérieures dans les végétaux de bords de routes, ils auraient pu être plus consommés que ceux des bordures de chemins. Or, la proportion de végétaux (résineux et feuillus séparément) broutés dans les différents types de peuplements ne différerait pas entre les abords des routes asphaltées, les abords des chemins forestiers et la forêt, la quantité de nourriture disponible dans ces différents milieux étant pourtant comparable. Les orignaux n'ont donc pas utilisé les abords des routes ou des chemins forestiers plus intensément que le reste du territoire forestier, du moins pour y trouver du sodium. De plus, bien que ces secteurs soient supposés présenter plus de végétaux appréciés par les orignaux qui affectionnent

les milieux ouverts et en régénération (Bédard *et al.* 1978; Child 1998; Finder *et al.* 1999), une tendance à des disponibilités plus faibles y a été notée, même si ce n'était pas statistiquement différent des autres types de milieux, probablement parce que cette zone est maintenue dégagée. Toutefois, il faut préciser que la zone étudiée dans la réserve faunique des Laurentides est fortement exploitée par l'industrie forestière. Par conséquent, les jeunes forêts sont réparties sur l'ensemble du territoire, ce qui pourrait expliquer que les orignaux n'aient pas eu besoin d'aller en bordure des routes pour trouver une nourriture abondante. Il semble y avoir une forme de distribution libre idéale pour la nourriture, c'est-à-dire que les animaux peuvent obtenir des gains énergétiques suffisants en s'alimentant dans n'importe quel secteur de la réserve puisque les ressources y sont abondantes et nutritives. Les teneurs en sodium des végétaux aux abords des routes asphaltées ne semblent pas être suffisantes pour les attirer dans ces zones.

Toutefois, bien qu'aucun des facteurs présentés ci-dessus n'ait semblé attirer les orignaux vers les axes routiers et leurs abords, la zone comprise entre 0 et 50 m de part et d'autre des routes a été fortement utilisée par certains orignaux, à l'échelle du domaine vital. Cette utilisation de secteurs si proches des routes asphaltées et l'évitement de la zone adjacente (*c.-à-d.* 50 à 250 m) pourraient traduire la recherche d'un élément particulier par l'orignal, tel que le sodium. Puisqu'il ne semble pas s'agir du sodium contenu dans les végétaux, l'élément recherché pourrait être le sodium contenu dans les mares salines ( $\text{Na}^+$ ). En effet, le sodium est un cation indispensable, abondant dans le corps d'un animal, que ce soit dans le plasma sanguin ou dans d'autres fluides extracellulaires (Church *et al.* 1971; Robbins 1993). Or, le  $\text{Na}^+$  est considéré comme un élément rare dans les écosystèmes nordiques qui ne reçoivent pas les embruns marins permettant un enrichissement naturel du sol en cet élément (Jordan *et al.* 1973). C'est pourquoi il a été suggéré que, dès le début du printemps, les orignaux auraient besoin de grandes quantités de sodium afin de satisfaire leurs besoins en cet élément minéral (Jordan *et al.* 1973; Weeks et Kirkpatrick 1976; Belovsky et Jordan 1981; Fraser *et al.* 1982; Jordan 1987; Staaland et Garmo 1987; Ohlson et Staaland 2001). L'une des façons de satisfaire leurs besoins en sodium pour les orignaux serait d'utiliser les mares salines en bordures des routes. Ces mares, formées à partir de l'accumulation des sels déglaçants (majoritairement composés de  $\text{NaCl}$ ) appliqués sur les routes durant l'hiver, ont des concentrations en  $\text{Na}^+$  de l'ordre de 500 à 600 ppm en moyenne (Grenier 1974; Fraser 1979; Grenier 1980; Fraser et Thomas 1982; Leblond *et al.* 2005; Dussault *et al.* sous presse),

concentrations bien supérieures à celles retrouvées dans des mares éloignées des routes (Jolicoeur et Crête 1994). Or, lorsque les orignaux suivis ont été localisés très près des routes (*c.-à-d.* à moins de 50 m) c'était essentiellement au printemps (avec un pic au mois de mai) et en été et des mares d'eau stagnante étaient présentes dans la grande majorité de ces sites (3,8 fois plus qu'attendu). Il est donc permis de croire que : 1) c'est essentiellement pour consommer l'eau riche en sodium que les orignaux utilisent les abords des routes asphaltées et 2) si ces mares n'étaient pas salées, les axes routiers (aussi bien les routes que les chemins) et leurs abords seraient plutôt évités jusqu'à 500 m environ. La fréquentation des mares salines très proches des routes à fort trafic par les orignaux accentuerait les risques de collisions avec des véhicules et, par voie de conséquence, leur mortalité (Grenier 1974; Fraser et Thomas 1982; Jolicoeur et Crête 1994). Or, Grenier (1974) et Dussault *et al.* (sous presse) ont démontré que c'est au printemps et au début de l'été que les collisions avec l'orignal sont les plus fréquentes dans la réserve faunique des Laurentides, période correspondant au pic d'utilisation du sodium par les orignaux (Joyal et Scherrer 1978; Fraser *et al.* 1980; Fraser et Hristienko 1981; Fraser *et al.* 1982; Tankersley et Gasaway 1983).

## **CONCLUSION**

Les résultats présentés dans ce rapport montrent que la fréquentation des abords de routes et de chemins forestiers par les orignaux ne semble pas être influencée par l'abondance des insectes hématophages, ni par la concentration en  $\text{Na}^+$  des plantes qu'ils peuvent consommer, la proportion de ramilles décidues broutées et leur concentration en  $\text{Na}^+$  dans l'écotone proche des routes étant comparable à celle des autres types d'habitats. Au contraire, en général, les axes routiers furent évités par les orignaux suivis par télémétrie GPS durant les deux années de l'étude. En effet, bien qu'ayant utilisé les bordures des axes routiers à plusieurs reprises, les orignaux suivis ont très peu traversé ces structures, alors qu'ils avaient la possibilité de faire des déplacements de part et d'autre de celles-ci. Il y eut un évitement plus marqué des routes asphaltées que des chemins forestiers, cet évitement pouvant être imputable à l'importance du trafic routier, tel que suggéré chez le caribou (Dyer *et al.* 2001, 2002). La largeur de la structure linéaire pourrait aussi accentuer l'évitement des axes routiers par l'orignal, comme cela a été montré pour les emprises de lignes de transport d'énergie électrique (Joyal *et al.* 1984).

Toutefois, les abords des routes asphaltées furent fortement utilisés entre 0 et 50 m, notamment au printemps et en été, les orignaux allant certainement s'abreuver d'eau sodique dans les mares salines, augmentant par le fait même les risques d'accidents routiers. Dussault *et al.* (sous presse) ont d'ailleurs montré que l'importance des accidents routiers impliquant l'orignal augmentait en fonction de la présence de mares salines. Des analyses plus poussées devront cependant être effectuées pour déterminer si d'autres variables peuvent influencer la présence des orignaux en bordure des routes (e.g. la topographie).

Ce document constitue un rapport préliminaire. En effet, 30 orignaux sont encore suivis par télémétrie et ce jusqu'au début de l'année 2006. Les données issues de ces colliers procureront donc une année supplémentaire de localisations télémétriques. Grâce à elles, la délimitation de l'aire d'étude pourra être redéfinie afin de mieux déterminer le comportement des orignaux vis-à-vis des chemins forestiers à l'échelle du paysage. Ainsi, certains résultats pourraient changer ou des tendances pourraient s'accroître. Nous invitons donc le lecteur à la prudence quant à la généralisation de ces résultats préliminaires.

***REMERCIEMENTS***

Ce travail n'aurait pu être accompli sans l'aide des personnes qui ont récolté les végétaux ou effectué les inventaires de végétation en parcourant la réserve faunique des Laurentides en tous sens, ainsi que celles qui se sont soumises aux piqûres et morsures des insectes hématophages pour en estimer l'abondance au cours de l'été 2004, à savoir Alexandre Hébert, Martine Lavoie, Marie-France Gévry et Mathieu Leblond. Aussi, l'aide de Gordon Carl et de Jacques Fortin lors des captures d'originaux fut grandement appréciée, ainsi que celle d'Alain Caron pour le support informatique et statistique. Merci à toutes et à tous. Nous tenons également à remercier les organismes subventionnant le projet, notamment le Ministère des Transports, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et l'Université du Québec à Rimouski. De plus, la première auteure tient à remercier le Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada (CRSNG), le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies (FQRNT), ainsi que le Centre d'études nordiques (CEN) pour les bourses d'études qui lui ont été octroyées.

**LISTE DES RÉFÉRENCES**

- BÉDARD, J., CRÊTE, M. et AUDY, E. 1978. Short-term influence of moose upon woody plants of an early seral wintering site in Gaspé peninsula, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 8: 407-415.
- BELOVSKY, G. E. et JORDAN, P. A. 1981. Sodium dynamics and adaptations of a moose population. *Journal of Mammalogy* 62: 613-621.
- BURSON, S. L., BELANT, J. L., FORTIER, K. A. et TOMKIEWICZ, W. C. 2000. The effect of vehicle traffic on wildlife in Denali National Park. *Arctic* 53: 146-151.
- CHILD, K. N. 1998. Incidental mortality. In *Ecology and management of the North American moose* (A. W. Franzmann et C. C. Schwartz, eds). Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p. 275-301.
- CHILD, K. N., BARRY, S. P. et AITKEN, D. A. 1991. Moose mortality on highways and railways in British Columbia. *Alces* 27: 41-49.
- CHURCH, D. C., SMITH, G. E., FONTENOT, J. P. et RALSTON, A. T. 1971. Digestive physiology and nutrition of ruminants. In *Oregon St. Univ. Book Stores*, p. 401-801.
- COURTOIS, R., OUELLET, J.-P., LAURIAN, C., SIGOUIN, D., BRETON, L., ST-ONGE, S. et LABONTÉ, J. 2003. Un exemple de recherche au service de la gestion des populations: le suivi du plan de gestion de l'orignal, 1994-1998. *Le Naturaliste Canadien* 127: 54-65.
- COUTURIER, S. et BARRETTE, C. 1988. The behavior of moose at natural mineral springs in Quebec. *Canadian Journal of Zoology* 66: 522-528.
- DE BELLEFEUILLE, S. et POULIN, M. 2003. Mesures de mitigation visant à réduire le nombre de collisions routières avec les cervidés. In *Ministère des Transports, Direction générale de Québec et de l'Est, Québec*, p. 117.
- DEL FRATE, G. G. et SPRAKER, T. H. 1991. Moose-vehicle interactions and an associated public awareness program on the Kenai Peninsula, Alaska. — *Alces* 27, 1-7.
- DUSSAULT, C., POULIN, M., COURTOIS, R. et OUELLET, J.-P. Sous presse. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec. *Wildlife Biology*
- DUSSAULT, C., POULIN, M., OUELLET, J.-P., COURTOIS, R., LAURIAN, C., LEBLOND, M., FORTIN, J., BRETON, L. et JOLICOEUR, H. 2005. Existe-t-il des solutions à la problématique des accidents routiers impliquant la grande faune? *Le Naturaliste Canadien* 129: 57-62.
- DYER, S. J., O'NEILL, J. P., WASEL, S. M. et BOUTIN, S. 2001. Avoidance of industrial development by woodland caribou. *Journal of Wildlife Management* 65: 531-542.
- DYER, S. J., O'NEILL, J. P., WASEL, S. M. et BOUTIN, S. 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.

- EASTMAN, D. S. et RITCEY, R. 1987. Moose habitat relationships and management in British Columbia. *Swedish Wildlife Research Supplement 1*: 101-118.
- FINDER, R. A., ROSEBERRY, J. L. et WOOLF, A. 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 ALEXANDER, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics 29*: 207-231.
- FRASER, D. 1979. Sightings of moose, deer, and bears on roads in northern Ontario. *Wildlife Society Bulletin 7*: 181-184.
- FRASER, D., ARTHUR, D., MORTON, J. K. et THOMPSON, B. K. 1980. Aquatic feeding by moose *Alces alces* in a Canadian lake. *Holarctic Ecology 3*: 218-223.
- FRASER, D., CHAVEZ, E. R. et PALOHEIMO, J. E. 1984. Aquatic feeding by moose: selection of plant species and feeding areas in relation to plant chemical composition and characteristics of lakes. *Canadian Journal of Zoology 62*: 80-87.
- FRASER, D. et HRISTIENKO, H. 1981. Activity of moose and white-tailed deer at mineral springs. *Canadian Journal of Zoology 59*: 1991-2000.
- FRASER, D. et THOMAS, E. R. 1982. Moose-vehicle accidents in Ontario: relation to highway salt. *Wildlife Society Bulletin 10*: 261-265.
- FRASER, D., THOMPSON, B. K. et ARTHUR, D. 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.
- FREDEEN, F. J. H. et MASON, P. G. 1991. Meteorological factors influencing host-seeking activity of female simuliid-luggeri (diptera, simuliidae). *Journal of Medical Entomology 28*: 831-840.
- GRENIER, P. A. 1974. Orignaux tués sur la route dans le parc des Laurentides, Québec, de 1962 à 1972. *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. In Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction générale de la faune, Québec, p. 29.
- GROOT BRUINDERINK, G. W. T. A. et HAZEBROEK, E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology 10*: 1059-1067.
- JAMES, A. R. C. et STUART-SMITH, A. K. 2000. Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management 64*: 154-159.
- JOLICOEUR, H. 1998. Le loup du massif du lac Jacques-Cartier. In Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Québec, p. 132.
- JOLICOEUR, H. et CRÊTE, M. 1994. Failure to reduce moose-vehicle accidents after a partial drainage of roadside salt pools in Quebec. *Alces 30*: 81-89.
- JOLICOEUR, H., KENNEDY, G. et LEMIEUX, R. 1993. 11<sup>th</sup> Eastern Black Bear Workshop, New Hampshire.

- JORDAN, P. A. 1987. *Second International Moose Symposium, Swedish Wildlife Research Viltrevy*.
- JORDAN, P. A., BOTKIN, D. B., DOMINSKI, A. S., LOWENDORF, H. S. et BELOVSKY, G. E. 1973. *North American Moose Conference Workshop*.
- JOYAL, R., LAMOTHE, P. et FOURNIER, R. 1984. L'utilisation des emprises de lignes de transport d'énergie électrique par l'orignal (*Alces alces*) en hiver. *Canadian Journal of Zoology* 62: 260-266.
- JOYAL, R. et SCHERRER, B. 1978. Summer Movements and Feeding by Moose in Western Quebec. *Canadian Field-Naturalist* 92: 252-258.
- KELSALL, J. P. et SIMPSON, K. 1987. The impacts of highways on ungulates; a review and selected bibliography. *In* Prepared for Ministry of Environment and Parks, Kamloops, B.C., p. 105.
- LAURIAN, C., COURTOIS, R., BRETON, L., BEAUMONT, A. et J.-P., O. 1996. Impact du déséquilibre du rapport des sexes chez l'orignal (*Alces alces*). *In* Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune terrestre et Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, Québec, p. 27.
- LEBLOND, M., DUSSAULT, C., OUELLET, J.-P., POULIN, M., COURTOIS, R. et FORTIN, J. 2005. Évaluation de la clôture électrique comme mesure de mitigation des accidents routiers impliquant les orignaux dans la réserve faunique des Laurentides. *In* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Ministère des transports du Québec et Université du Québec à Rimouski, Québec, p. 54.
- MARTIN, F. R., MCCREADIE, J. W. et COLBO, M. H. 1994. Effect Of Trap Site, Time Of Day, And Meteorological Factors On Abundance Of Host-Seeking Mammalophilic Black Flies (Diptera, Simuliidae). *Canadian Entomologist* 126: 283-289.
- MUNRO, D., GIGNAC, L., LAMONTAGNE, G. et JEAN, D. 2001. Gros gibier au Québec en 1999 (exploitation par la chasse et mortalités par des causes diverses). *In* Société de la faune et des parcs du Québec, p. 64.
- MYSTERUD, A. 2004. Temporal variation in the number of car-killed red deer *Cervus elaphus* in Norway. *Wildlife Biology* 10: 203-211.
- OHLSON, M. et STAALAND, H. 2001. Mineral diversity in wild plants: benefits and bane for moose. *OIKOS* 94: 442-454.
- PILS, C. M. et MARTIN, M. A. 1979. The cost and chronology of Wisconsin deer-vehicles collisions. *In* D. o. N. Resources, ed, p. 5.
- REA, R. V. 2003. Modifying roadside vegetation management practices to reduce vehicular collisions with moose *Alces alces*. *Wildlife Biology* 9: 81-91.
- RISENHOOVER, K. L. et PETERSON, R. O. 1986. Mineral licks as a sodium source for Isle Royale moose. *Oecologia* 71: 121-126.
- ROBBINS, C. T. 1993. *Wildlife feeding and nutrition*. Academic Press, San Diego, California.
- RODGERS, A. R., REMPEL, R. S. et ABRAHAM, K. F. 1996. A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin* 24: 559-566.

- ROMIN, L. A. et BISSONETTE, J. A. 1996. Deer-vehicle collisions: Status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24: 276-283.
- SEILER, A. 2004. Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology* 10: 301-313.
- SEILER, A. et ERIKSSON, I. M. 1997. *Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, Maastricht & DenHauge.*
- ST-ONGE, S., COURTOIS, R. et BANVILLE, D. 1996. Rapport annuel des inventaires aériens de l'original à l'hiver 1994. In Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et de ses habitats, Québec, p. 34.
- STAALAND, H. et GARMO, T. 1987. A note on the manipulation of sodium and potassium concentrations in the rumen of reindeer and the possible effect on digestibility. *Rangifer* 7: 33-36.
- TANKERSLEY, N. G. et GASAWAY, W. C. 1983. Mineral lick use by moose in Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 61: 2242-2249.
- THOMPSON, I. D. et STEWART, R. W. 1998. Management of moose habitat. In Ecology and management of the North American moose (A. W. Franzmann et C. C. Schwartz, eds). Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p. 377-401.
- TROMBULAK, S. C. et FRISSELL, C. A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14: 18-30.
- WEEKS, H. P. et KIRKPATRICK, J. R. 1976. Adaptations of white-tailed deer to naturally occurring sodium deficiencies. *Journal of Wildlife Management* 40: 610-625.
- YOST, A. C. et WRIGHT, R. G. 2001. Moose, caribou, and grizzly bear distribution in relation to road traffic in Denali National Park, Alaska. *Arctic* 54: 41-48.